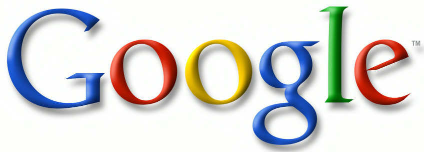
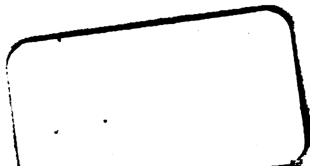






W. Schlosser. Jena, 9.1.20.

Grundriß

der

Physiologie des Menschen.

Für

das erste Studium und zur Selbstbelehrung.

Grundriß

der

Physiologie des Menschen.

Für

das erste Studium und zur Selbstbelehrung.

Von

Dr. G. Valentin,

ordentlichem Professor der Physiologie und vergleichenden Anatomie an der Universität Bern.

Dritte gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit vier Tafeln in Stahlstich, einer Tafel in farbigem Druck und zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1850.

Vorrede.

Obgleich eine neue Ausgabe des Grundrisses schon in der ersten Hälfte des verflossenen Jahres nothwendig geworden, so zog ich es doch vor, die Bearbeitung derselben zu verschieben, bis ich die zweite Auflage des Lehrbuches vollendet hätte. Ich glaubte, daß die kürzere Darstellung des Gesammtgebietes der menschlichen Physiologie gewinnen würde, wenn ich alle Abschnitte dieses vielseitigen Zweiges der Naturwissenschaften jenes größeren Werkes wegen unmittelbar vorher ausführlicher durchgenommen.

Der Versuch, den ich hiermit der Oeffentlichkeit übergebe, ist nach einem erweiterten Plane ausgearbeitet. Er enthält mehr Einzelnheiten, als die früheren Ausgaben. Da die Nothwendigkeit der physikalisch-chemischen Auffassung der Lebensthätigkeiten von Tag zu Tag allgemeiner anerkannt wird, so hielt ich es für zweckmäßig, einen einleitenden Theil, der die wesentlichsten, in dieser Hinsicht in Betracht kommenden Grundverhältnisse umfaßt, voranzuschicken. Ich bemühte mich, gewisse Ausdrücke, Begriffe und Gesetze, die sonst

nur in einzelnen physikalischen und chemischen Werken zerstreut sind, zu erläutern. Ich suchte hierdurch das Verständniß ausführlicherer Abhandlungen oder gewisser Kunstwörter, die dem Anfänger minder geläufig sind, zu erleichtern.

Es liegt in der Natur der Sache, daß eine kurze Darstellung meist nur Bekannteres giebt und Neues mit wenigen Worten andeutet. Ich hoffe aber, daß dessenungeachtet die Fachkenner manche Bemerkung, die sich auf eigene noch nicht ausführlich veröffentlichte Beobachtungen stützt, in dieser Arbeit finden werden.

Das Streben, die einzelnen Thätigkeiten unseres Körpers dem Leser, der praktisch-anatomischen Untersuchungen fern steht, klar zu machen, nöthigte mich, eine Reihe neuer anatomischer Holzschnitte hinzuzufügen. Alle ihnen zum Grunde liegenden Originale wurden nach der Natur und zwar oft der Genauigkeit der Verhältnisse wegen unter dem Drathgitter gezeichnet. Die Holzstiche selbst sind theils von den besten Künstlern in Braunschweig, theils hier in Bern unter meiner Aufsicht ausgeführt worden. Es liegt in der Manier der Abbildungen, daß manche nur bei der Betrachtung in der Nähe und andere erst in einiger Entfernung den berechneten Eindruck liefern können. Der Herr Verleger und ich bemühten sich, den Foderungen, die man an den gegenwärtigen Zustand der Holzschneidekunst stellen kann, in den anatomischen wie in den physikalischen Abbildungen so sehr als möglich zu entsprechen.

Obgleich es immer angenehm ist, die Zeichnungen unmittelbar neben dem Texte zu haben, so schien es mir doch zweckmäßiger, diejenigen Gegenstände, die sich nicht fein genug in Holzstichen wiedergeben ließen, auf vier Kupfertafeln darzustellen. Man findet hier die für die Physiologie wichtigsten Gewebe abgebildet. Die Originale wurden nach den mikroskopischen Unter-

suchungen der frischen Stücke so genau, als es anging, porträtirt. Ich suchte vor Allem die Bestandtheile des menschlichen Körpers zu versinnlichen. Nur die besondere Berücksichtigung gewisser Eigenthümlichkeiten, die den Gebilden unseres Organismus nicht zukommen, ließ bisweilen die Thiergewebe den menschlichen vorziehen.

Der Wunsch, die Polarisationsfarben der Krystalle und der krystallinischen Kugeln, die Blutgefäße und den gelben Fleck der Netzhaut, die Haidinger'schen Lichtbüschel, die krankhaften Gallenfettablagerungen und die Bestandtheile der Speisereste so natürlich als möglich darzustellen, bewog mich, diese und manche andere, für den Steindruck passende Abbildungen in einer Farbendrucktafel zusammenzufassen. Dieses Verfahren schien mir richtigere und gleichartigere Bilder, als eine von freier Hand colorirte Zeichnung liefern zu können.

Bern, im Februar 1850.

G. Valentin.

Organisation und Leben.

§. 1. Die Summe der verschiedenartigen Bestandtheile eines jeden organischen Wesens bildet ein wohlberechnetes Ganze, dessen Einzelstücke nur innerhalb gewisser Grenzen mit den Nebenverhältnissen wechseln. Die Mischung und die Form, die Anordnung und die Veränderung der sparsamen oder zahlreichen Massen, die wir in jeder Pflanze und jedem Thiere antreffen, entsprechen einem Hauptplane, der alle Einzelnheiten möglichst durchdringt und die Erfolge von den erreichbaren Mitteln abhängig macht. Die Lebensthätigkeiten sind der sichtliche Ausdruck dieser Einrichtung, und Gesundheit, Krankheit oder Tod Functionen des Maaßes der Bedingungen, welche die einzelnen Grundstücke darbieten. Plan der Organisation.

§. 2. Die Fähigkeiten der Selbsterhaltung und der Fortpflanzung kehren in jeder Art von lebenden Wesen wieder. Sollte die organische Welt ohne äußere, gleichsam nachhelfende Unterstützung in Ordnung bleiben, sollte sich der Einzelne eigenem und fremdem Wechsel fügen und die Gattung trotz der Vergänglichkeit der Individuen behaupten können, so waren jene beiden Eigenschaften unerläßlich gefodert. Sie liefern zugleich die vorzüglichsten Merkmale, welche die organischen Geschöpfe von den durch Menschenhände verfertigten Vorrichtungen durchgreifend unterscheiden. Selbsterhaltung und Fortpflanzung der organischen Wesen.

§. 3. Jeder von uns hergestellte Apparat bedarf einer physikalischen oder chemischen Anregung, einer sogenannten Speisung, um die Thätigkeit seines Triebwerkes zu unterhalten und die hierdurch beabsichtigte Wirkung hervorzubringen. Das Zuggewicht bedingt auf diese Weise den Gang der Uhr, der Dampf den der Dampfmaschinen und die Verbrennung seiner einzelnen Bestandtheile das Leuchten des Kerzendochtes. Die gleiche Erscheinung wiederholt sich in den lebenden Geschöpfen. Ihre Kraftäußerungen verbinden sich immer mit einem Wechsel der Molecularverhältnisse oder einem chemischen Stoffumsatze. Es er-

zeugen sich hierbei einzelne Verbindungen, die den Körper verlassen und deshalb, wenn dieser bestehen soll, von anderen ersetzt werden müssen. Die Nahrungseinnahme, welche auf diese Weise nöthig wird, dient aber nicht bloß, für die unvermeidlichen Abgänge zu entschädigen. Ihr Ueberschuß wird häufig genug zur Bildung neuer Werkzeuge, zur Ergänzung alter und zur Wiederherstellung verloren gegangener Stücke verwendet. Während aber alle diese Veränderungen nur durch die Hand eines fremden, geistig thätigen Menschen in unseren künstlichen Vorrichtungen eingeleitet werden können, kommen sie in den organischen Körpern durch deren eigene Kräfte zu Stande. Die lebenden Wesen versehen daher die verschiedenartigen Rollen der Maschine, des Maschinisten und des Baumeisters zu gleicher Zeit.

§. 4. Da wir keine Spur innerer Selbstständigkeit den von uns verfertigten Apparaten verleihen können, so stehen diese, so wie die nöthige Speisung fehlt, augenblicklich still. Das hungernde Geschöpf dagegen bezieht anfangs die einzusetzenden Stoffe aus seiner eigenen Körpermasse. Werkzeuge, von denen das Spiel des Ganzen abhängt, nehmen an Umfang so lange ab, bis der allzugroße Massenverlust den Gang des Räderwerkes durchgreifend stört und endlich den Tod herbeiführt. Die Einrichtung, aus der diese Eigenthümlichkeit hervorgeht, gewährt zugleich den Nebenvortheil, daß die einmal gebrauchten Stoffe in weit ausgedehnterem Maaße, als in unseren Maschinen, von Neuem benutzt werden, und daher erst nach mehrfachem Umsatze aus dem Verbande gänzlich ausscheiden. Die Bedingungen der Selbstständigkeit werden zugleich auf diese Art zu Maaßregeln durchgreifenderer Sparsamkeit.

§. 5. Die Fortpflanzung bildet nur einen Nebenausdruck der eben erläuterten Verhältnisse. Das organische Wesen, das seine Nahrungseinnahmen nicht bloß zur Speisung, sondern auch zum Aufbau neuer Werkzeuge verwenden und unvermeidliche Ausgaben oder nothwendige Ergänzungen aus den schon vorhandenen Körpergebilden bestreiten kann, liefert einen Keim als Nebenerzeugniß seiner Ernährungsverhältnisse. Dieser umfaßt eine gewisse Summe von Theilen, die nur einer bestimmten Speisung bedürfen, damit sich Glied an Glied planmäßig anreiht, bis ein neues selbstständiges Wesen geschaffen ist. Da aber die Mutterorganismen erst wenn sie eine gewisse Lebensdauer durchlaufen haben, die zur Zeugung nöthigen Fähigkeiten erreichen können, so ergiebt sich ohne Weiteres ein Zeitunterschied zwischen Eltern und Nachkommen, dessen fortwährende Wiederholung die Beständigkeit der Arten und der Gattungen von selbst sichert.

Lebenskraft. §. 6. Die Selbstständigkeit der organischen Geschöpfe hat häufig zu der Ansicht geführt, daß eine eigene Lebenskraft der Einrichtung des Organismus zum Grunde liegt und ihm besondere, von denen der unorganischen Natur abweichende Eigenschaften verleiht. Die Lebensthätigkeiten sollten erst auf diesem Wege möglich werden. Man stellte sich jene Kraft unter dem Bilde eines Maschinisten, der die trägen Mas-

sen mit ihren gegebenen Eigenschaften in gewissem Maaße beliebig leitet, vor, oder setzte voraus, daß die sonst unbelebten Verbindungen eine höhere Stufe ihrer Wirksamkeit durch die Mittheilung von Lebenskraft erhalten. Wird sie ihnen wiederum entzogen, so verfallen sie den für die unorganische Welt gültigen Gesetzbestimmungen. Sie gehen daher nach dem Tode in Fäulniß über.

§. 7. Die Annahme einer solchen Lebenskraft liefert kein für den Augenblick nöthiges, ja nicht einmal ein unschuldiges Stichwort für eine Reihe sonst unbekannter Verhältnisse. Sie hindert die wahre Erkenntniß der Grundlagen, auf denen das Wesen der lebenden Geschöpfe fußt, und führt zu Folgerungen, die den genaueren physiologischen Forschungen entschieden widerstreiten. Sie trennt die physikalischen und chemischen Erscheinungen der todten und der lebenden Natur durch eine Scheidewand, die nicht vorhanden ist. Sie hat freilich auf den ersten Blick dadurch gefesselt, daß sie einen höheren Einfluß für die Lebensvorgänge in Anspruch nimmt. Eine sorgfältigere Prüfung lehrt aber bald, daß diese unserer Eitelkeit schmeichelnde Voraussetzung die Einsicht in das weit merkwürdigere Verhältniß, wie die Natur eben so eigenthümliche als passende Wirkungen unter bloßer Benutzung allgemein vorhandener Kräfte erzielt, unmöglich macht.

§. 8. Denken wir uns, daß die Lebensthätigkeiten die Folge eines unendlich weisen Organisationsplanes bilden, so werden wir Alles einfacher, richtiger und selbst von einem wahrhaft höheren Standpunkte aus auffassen. Wir können uns zunächst vorstellen, daß der Keim eine Anzahl von Bedingungen, durch die neue, dem Zwecke des Ganzen entsprechende Gebilde aus den geeigneten Nahrungsstoffen hervorgehen, einschließt. Es erzeugen sich z. B. auf diese Weise Bläschen oder Zellen, deren Beschaffenheit auf die schon vorhandenen Elemente zurückwirkt und die Art des Verbrauches der nachfolgenden Speisung bestimmen hilft. Dieser Gang wiederholt sich fortwährend. Die einzelnen, einmal gegebenen Theile arbeiten mit ihren physikalisch-chemischen Bedingungen und ihren wechselseitigen Einflüssen dergestalt fort, daß ein bis zu einem gewissen Grade zweckmäßiger Organismus in jedem Augenblicke vorhanden ist. Die Summe der zu einer bestimmten Zeit gegebenen Stücke erregt die dann hervortretenden Lebenserscheinungen. Sie liefert aber zugleich die Vorbedingung dessen, was in der nächsten Zukunft aufzutreten vermag. Reiht sich Glied an Glied in passender Weise an, so wird der Keim regelrecht fortwachsen und ein kräftiges, dem vollständigen Organisationsplane entsprechendes Wesen hervorbringen. Greifen dagegen Unvollkommenheiten frühzeitig ein, so muß ein Deficit der Menge oder der Ausbildung der Theile das junge Wesen verkrüppeln lassen. Es wird nur dasjenige, was die Gesammtmasse der vorhandenen Gebilde mittelst ihrer physikalisch-chemischen Kräfte leisten konnte, zu Stande kommen. Wir erhalten unvollkommene, mißgestaltete oder kranke Wesen überhaupt, deren Lebensfähigkeit von der Größe des Wi- Einrichtung der lebenden Wesen.

derstreites zwischen den Foderungen und den möglichen Leistungen abhängt. Das Gleiche kehrt in der Folge wieder. Die günstigen oder schädlichen Einflüsse bestimmen nur die Bedingungen, ob sich die schon vorhandenen Theile erhalten, vermehren oder vermindern, ob die zum Wechselspiele der Tausende von Werkzeugen nöthigen Eigenschaften übrig bleiben oder ob das Räderwerk des Lebens mit der Vernichtung jener Fähigkeiten still steht. Die Natur liefert aber die Resultanten derjenigen Wirkungen, welche die große Reihe der mikroskopischen Elementarbestandtheile zu Gunsten oder zu Ungunsten des Geschöpfes möglich machen, in jedem Augenblicke und unter allen Verhältnissen. Die regelwidrigen Thätigkeiten und die Entartungen, Zerstörungen oder Qualen, die ihnen auf dem Fuße nachfolgen, sind daher eben so nothwendig und fußen auf den gleichen Grundverhältnissen, wie die durch ihre Zweckmäßigkeit ausgezeichneten Erfolge der günstigeren gesunden Vorbedingungen.

§. 9. Betrachten wir die einzelnen Lebenserscheinungen unter diesem Gesichtspunkte und bedenken, daß das kleinste Geschöpf eine größere Menge zweckmäßig beschaffener und inniger verbundener Stücke, als die kunstvollste, von Menschenhand gelieferte Maschine besitzt, so kann es nicht befremden, wenn scheinbar todte Stoffe in Körpertheile, in die Träger der Lebensthätigkeiten übergehen und umgekehrt von dem Organismus getrennte Stücke den sogenannten chemischen Gesetzen anheimfallen. Jene Auffassung befreit zugleich von manchen teleologischen Anschauungen, die nur zu oft die Kindheit der Erkenntniß verrathen und den kurzsichtigen Gesichtskreis anthropomorphischer Vorstellungen dem Naturganzen aufzuzwängen suchen.

§. 10. Die große Mehrzahl der Theile, die der Organismus aufbaut, dient mehr oder minder wichtigen Lebensthätigkeiten, welche auf die zweckmäßigste Weise hergestellt und mit möglichst wenig Stoffverbrauch unterhalten werden. Man darf aber nicht voraussetzen, daß jedes Gebilde einen bestimmten selbstständigen physiologischen Nutzen darbieten müsse. Die Gesammteinrichtung des Organismus bedingt es vielmehr bisweilen, daß manche Theile als bloße Nebenerzeugnisse auftreten, um entweder späterhin zweckmäßig verwandt zu werden oder nur den Absatz oder die passende Wirkung anderer Werkzeuge durch ihre Entstehung oder Anwesenheit möglich zu machen. Die Thätigkeit ist überhaupt immer nur die mögliche Folge, nicht aber die erregende Ursache der Erzeugung der einzelnen Bestandtheile. Es kann sich ferner ereignen, daß ein Theil weniger Schutzmittel besitzt oder selbst weniger zweckmäßig, als er könnte, ausfällt, weil nur eine andere Art oder Summe von Vorbedingungen eine noch bessere Einrichtung jenes einzelnen Werkzeuges möglich machen könnte. Wie die Krankheiten mit ihrem Leidensgefolge aus der Beschaffenheit des Organismus unter gewissen Verhältnissen nothwendig hervorgehen, so führt auch häufig der Widerstreit der Instincte, die ebenfalls den bloßen Ausdruck gegebener Organisationen darstellen, zu den raffinirtesten Grausamkeiten eines Thieres

gegen das andere, zu Handlungen, die wir mit unserem kurzsichtigen Blicke nur zu leicht unrichtig beurtheilen, indem wir die untergeordneten Farbenstriche, nicht aber das ganze Gemälde ins Auge fassen. Wir dürfen überhaupt nie vergessen, daß wir immer nur einzelne Punkte des großen Naturganzen auffassen können, daß uns die Fähigkeit, alle gegenseitig verflochtenen Fäden in ihrem Zusammenhange zu überblicken, abgeht. Wir erfinden daher leicht Zwecke, die nicht vorhanden sind, während die Harmonie des tausendfachen Räderwerkes, die wahrhaft existirt, ihrer mannigfaltigen Wechselbeziehungen wegen den beschränkten Menschengeist nur zu leicht verwirrt.

Allgemein organische und rein thierische Thätigkeiten.

---

§. 11. Die fortwährenden physikalischen und chemischen Veränderungen, die das Leben begleiten, beruhen auf dem durch die Arbeit der Körpertheile bedingten Umsatze, der Ausscheidung des Unbrauchbaren, der Aneignung des Dargebotenen und der Herstellung der Werkzeuge, von denen alle jene Wirkungen bedingt werden. Die Gesammtmasse dieser sogenannten **pflanzlichen** oder **allgemein organischen Thätigkeiten**, von denen die Ernährung und die Fortpflanzung abhängen, kehrt in den lebenden Wesen überall wieder. Man hat häufig angenommen, daß sie auch bis in ihre Einzelnheiten in beiden organischen Reichen übereinstimmen. Man suchte daher eine Verdauung, eine Athmung, eine Ausdünstung und eine Absonderung eben so wohl in Pflanzen, als in Thieren nachzuweisen. Eine genauere Betrachtung lehrt aber, daß diese Bahn das richtige Ziel nothwendig verfehlt. Die Gewächse besitzen keine Gewebtheile, welche dieselbe Art der Nahrungsaufnahme, der Säftevertheilung, der Ausscheidung, die wir wenigstens in den ausgebildeteren Thieren antreffen, möglich macht. Sie haben keine größere Höhle, in der bedeutendere Mengen von Nahrungsstoffen angesammelt und von eigenen Absonderungsflüssigkeiten aufgelöst würden. Sie enthalten keine Mittelpunkte der Säftebewegung, keine Mechanik, um die Athmungsgase anders, als durch zufällige Nebenbedingungen einzuziehen oder auszustoßen. Es fehlen ihnen die veränderlichen Epithelialüberzüge, welche eine nicht unbedeutende Rolle in manchen Absonderungswerkzeugen der Thiere übernehmen. Die allgemein organischen Thätigkeiten werden mit einem Worte auf abweichenden Wegen in den beiden lebenden Naturreichen und vielleicht sogar in den einzelnen Unterabtheilungen derselben hergestellt. Diese Verschiedenheit führt schon ohne Weiters zu der Schlußfolge, daß die thierischen Wesen den Bau der Allgemein organische Thätigkeiten.

pflanzlichen nicht einfach wiederholen und ihm nur eine Reihe neuer Apparate hinzufügen. Die Beschaffenheit der Gewebe, die Art ihrer Wirkung und Veränderung, die Form, Vertheilung und Bestimmung der Organe lehren vielmehr, daß ganz andere Bildungspläne den irgend entwickelteren Thieren zum Grunde liegen.

§. 12. Die Gewächse stehen immer der Außenwelt passiv gegenüber. Sie treten mit ihr nur durch die meteorologischen Einflüsse, die Einnahmen und die Ausgaben ihrer Körpermasse in Wechselwirkung. Viele ihrer Wachsthumserscheinungen hängen von der Wärme, dem Feuchtigkeitsgrade und vielleicht auch dem elektrischen Zustande der Luft ab. Sie entziehen dieser Kohlensäure und nur in selteneren Fällen Sauerstoff. Sie saugen Wasser und die in ihm aufgelösten Bestandtheile aus dem Boden oder den Gewässern, in denen sie leben, auf. Sie geben Sauerstoff und unter gewissen Verhältnissen Kohlensäure, bisweilen auch andere Gase, Wasserdämpfe und verdunstende organische oder unorganische Verbindungen an die Atmosphäre ab und lassen verschiedenartige tropfbar flüssige Mischungen an ihrer Oberfläche durchtreten. Jede selbstständige Auffassung ihrer Umgebung, jede willkührliche Ortsveränderung mangelt ihnen hingegen gänzlich. Die einzelnen Bewegungserscheinungen, die hin und wieder im Gewächsreiche auftreten, hängen von keinem Willensprincipe ab. Licht und Wärme, und in manchen Fällen sogar die Tageszeiten bilden oft die Bedingungsglieder, unter denen sie überhaupt zu Stande kommen.

Thierische Thätigkeiten. §. 13. Es liegt in der Bestimmung des thierischen Wesens, daß es seine Umgebung erkennen, mit ihr in mannigfache selbstständige Wechselbeziehung treten und sie zum Theil nach Belieben ausbeuten soll. Eine active Persönlichkeit, ein freier Wille leiten und durchdringen seine meisten und wichtigsten Beziehungen zur Außenwelt. Wir finden daher hier eigenthümliche thierische Thätigkeiten, welche die Aufnahme der Eindrücke, die Ortsveränderungen einzelner Theile oder des ganzen Organismus und die geistigen Regungen möglich machen. Die Sinne, Bewegungswerkzeuge, die einer selbstberechneten Leitung unterworfen werden können, und Nervengebilde umschließen den Kreis derjenigen Organe, welche die höchsten Lebensäußerungen des thierischen Geschöpfes vermitteln und deren Wirkungen keine Gegenstücke im Pflanzenreiche vorfinden.

§. 14. Diese Vorrichtungen kommen auch denjenigen Theilen, welche die allgemein organischen Thätigkeiten leiten, wesentlich zu Statten. Die einmal zum Plane des Ganzen gehörenden Verkürzungsgebilde werden häufig gebraucht, um Nahrungsmittel, Körpersäfte, Athemgase, Absonderungen und selbst die entwickelten Keime passenden Orten zuzuleiten oder wegzuführen, die Ernährungserscheinungen durch den Wechsel der Porositätsverhältnisse einzelner Theile zu verändern und viele Vorgänge des Stoffwandels wesentlich zu beschleunigen.

Einzelthätigkeiten des Menschen. §. 15. Betrachten wir die Thätigkeitsreihe, die wir in dem Menschen und den ausgebildeteren Thieren antreffen, so verarbeitet die Ver-

bauung die eingenommenen Nahrungsmittel, während der unbrauchbare Ueberrest, mit Ausscheidungsstoffen vermischt, als Kothmasse davongeht. Die Einsaugung besorgt den Uebertritt dessen, was der Mutterflüssigkeit der Ernährung, dem Blute zugeführt werden soll. Der Kreislauf treibt dieses in geschlossenen Bahnen im Körper herum, damit es die einzelnen Theile erhalten und sich selbst bei passender Gelegenheit erfrischen könne. Die Athmung versieht den größten Theil des Gaswechsels desselben, während die Hautausdünstung den gleichen Vorgang in kleinerem Maaßstabe wiederholt. Wasserdämpfe und andere Stoffe gehen in den Lungen und an der Haut außerdem noch davon. Die Absonderungswerkzeuge liefern gewisse Ausscheidungen, die den Körper sogleich verlassen, noch anderen Zwecken dienen und dann davongehen oder, wenn sie gebraucht worden, in die Blutmasse zurückkehren sollen. Die Ernährung endlich erhält, vermehrt oder vermindert die Menge der Bestandtheile, aus denen der gesammte organische Körper zusammengesetzt ist. Sie bildet das Endergebniß der allgemein organischen Thätigkeiten des thierischen Wesens.

Während die Sinne die Eindrücke der Außenwelt aufnehmen, führen die Bewegungserscheinungen zu den Ortsveränderungen der einzelnen Theile oder der Gesammtmasse des Geschöpfes. Das Stimmorgan geht nur aus einer passenden Verbindung der Athmungs- und der Bewegungswerkzeuge hervor. Das Nervensystem, welches die Erregungen aufnimmt und verarbeitet, die Muskelfasern zur Verkürzung zwingt und den Träger der geistigen Thätigkeiten bildet, beherrscht zugleich die meisten übrigen Körperwerkzeuge mittelbar, indem es deren bewegliche Stücke innerhalb gewisser Grenzen verändern kann.

Die Zeugung und die Entwickelung gehören zwar zu den allgemein organischen Thätigkeiten. Da sie aber nicht der Selbsterhaltung des Einzelwesens, sondern auch der Fortdauer der Art dienen, so hat man sie von den übrigen Ernährungserscheinungen mit Recht getrennt. Die anatomische und physikalische Darstellung der Ausbildung des Keimes gehört aber einem besonderen Wissenschaftszweige, der Entwickelungsgeschichte an.

Selbstständigkeit der thierischen Lebensäußerungen.

Aehnlichkeit der Organe mit physikalischen Vorrichtungen.

§. 16. Die physikalischen und chemischen Vorrichtungen unseres Körpers stimmen bisweilen mit unseren künstlichen Apparaten in hohem Grade überein. Das Herz gleicht einem mit passenden Ventilen versehenen Pumpwerke, die Schlagadern elastischen Röhrenleitungen, das Auge einer optischen dunkelen Kammer und das Stimmwerkzeug einer Zungenpfeife. Die Knochen und die Muskeln verhalten sich wie Hebel und Zugkräfte und viele Absonderungswerkzeuge wenigstens theilweise wie Filtrirapparate. Wie wir die Oberflächen zu vergrößern und die mit Wasserdämpfen gesättigte Luft fortzuführen suchen, wenn wir die Verdampfung befördern wollen, so kehrt etwas Aehnliches in den Lungen des Menschen und der Thiere wieder.

Labile Einrichtung der menschlichen Körperwerkzeuge.

§. 17. Vergleicht man aber unsere Apparate mit denen, welche die Natur in dem thierischen Körper hergestellt hat, so findet man, daß sie sich nicht nur durch ihre bei Weitem größere Zweckmäßigkeit und die schon oben erwähnten Vortheile der Selbsterhaltung, sondern auch noch durch die Selbstständigkeit und Vielseitigkeit ihrer Wirkungen auszeichnen. Die von Nerven beherschten Muskelfasern, die ihnen verliehen wurden, machen sie zu labilen Einrichtungen, während die von uns verfertigten Maschinen eine mehr oder minder stabile Unbehilflichkeit darbieten.

Die Lichtstrahlen werden z. B. im Auge dergestalt abgelenkt, daß der Brennpunkt der Bilder der in passenden Entfernungen befindlichen Gegenstände einen Ort der Netzhaut berührt. Wir können ein künstliches Auge, für dessen halbdurchsichtigen Hintergrund das Gleiche wiederkehrt, mit Leichtigkeit verfertigen. Die Hand des Beobachters muß aber in diesem Apparate, wie in den Fernröhren oder den Mikroskopen, künstlich nachhelfen. Sie wendet das Ganze, damit die geradlinigten Lichtstrahlen in den dioptrischen Apparat eindringen können. Sie schiebt mit größeren oder kleineren Oeffnungen versehene Blendungen ein, um die Menge des einfallenden Lichtes zu reguliren. Sie ändert die gegenseitigen Abstände der Linsen oder wechselt einzelne der Brechungskörper, um deutliche Bilder verschieden entfernter Gegenstände zu erreichen. Unsere Sehwerkzeuge können dagegen diese ganze Reihe von Verbesserungen selbst besorgen. Die Augenmuskeln drehen den Augapfel, wie es das Sehen nöthig macht. Die Regenbogenhaut, der die Rolle einer Blendung zugewiesen ist, vergrößert oder verkleinert ihr Sehloch nach

Maaßgabe der Menge des eindringenden Lichtes. Gewisse Wechselerscheinungen machen es möglich, daß wir nähere und entferntere Gegenstände mit Deutlichkeit erkennen. Unsere Gesichtswerkzeuge bilden mit einem Worte weit selbstständigere Vorrichtungen, als irgend ein dioptrisches Instrument, das der menschliche Fleiß zu verfertigen im Stande ist.

§. 18. Die Natur leistet häufig mit einem Werkzeuge, wozu wir mehrere nöthig haben würden. Ein und derselbe Muskel kann zu den verschiedensten Stellungen der ihm entsprechenden Theile führen, je nach dem seine Angriffspunkte wechseln. Da die Filtrationserscheinungen von der Größe der Löcher, die das Filtrum darbietet, und die Diffusionsverhältnisse überdies von der Beschaffenheit des porösen Körpers abhängen, so können die verschiedenen Häute unseres Körpers ihre Wirkungen durchgreifend ändern, wenn sich ihre Verkürzungsgebilde zusammenziehen oder die Ernährungserscheinungen andere Stoffe in ihnen absetzen. Die Zusammenziehung der Muskelfasern hängt mit einem gewissen Umschwung ihrer Moleculareigenschaften, also mit einer durchgreifenden Veränderung ihres physikalischen Zustandes innig zusammen. Vielseitige Wirkung der Körpertheile.

§. 19. Der automatische Wechsel der Zustände der einzelnen Organtheile gehört zu derjenigen Erscheinungsreihe, welcher die Thiere ihre größere Selbstständigkeit verdanken. Da er aber meist nur die auch sonst möglichen Thätigkeiten vervollkommnet oder die Menge der erforderlichen Vorrichtungen verkleinert, so bildet er keine so wesentliche Grunderscheinung, als die Selbsterhaltung und die Fortpflanzung. Der Vergleich der Pflanzen und der Thiere kann deutlich nachweisen, wie die Natur die ohnedies schon gegebenen Massen zu jenem Zwecke benutzt und so den größtmöglichen Vortheil aus ihnen zu ziehen sucht. Die starren Gewebe der Gewächse eigenen sich weit weniger, bewegliche Apparate herzustellen, als die weichen, der Verkürzung fähigen Elementarbestandtheile der thierischen Geschöpfe. Die Selbstverbesserung greift daher auch in jenen bei Weitem seltener, als in diesen durch.

§. 20. Betrachten wir die Ernährungs- und die Wachsthumserscheinungen der lebenden Wesen, so tritt uns eine gewisse scheinbare Selbstständigkeit der einzelnen Gewebtheile entgegen. Die Mischung, welche die Wände der Blutgefäße durchsetzt, um sich zwischen den anderen Gewebtheilen zu verbreiten, oder die Ernährungsflüssigkeit gelangt zu den verschiedenartigsten neben einander liegenden Elementen der Körperorgane. Die Muskelfaser wählt aber dessenungeachtet aus ihr andere Stoffe, als die neben ihr abgelagerte Nervenfaser und diese wiederum andere, als die beide einhüllenden Zellgewebemassen aus. Man hat diese Erscheinung mit dem Namen der organischen Anziehung bezeichnet. Es ist aber nicht nothwendig, daß wir besondere Lebenskräfte zur Erklärung dieser Verhältnisse zu Hilfe ziehen. Die bloße Anordnung und die schon vorhandenen Eigenschaften der Theile können uns begreiflich machen, weshalb die an Faserstoff reiche Muskelfaser andere Wahl- Organische Anziehung.

verwandschaften darbietet, als die mit einer Mischung von Oel und Eiweiß ausgefüllte Nervenfaser. Man sieht sogar bisweilen, wie die Natur Schritt für Schritt planmäßig fortgeht, um die passenden Verbindungen jedem Gewebe zuzuführen. Die Oberhaut besteht aus einer Menge schichtweise gelagerter Zellenmassen. Die äußersten Lagen enthalten die meiste, die mittleren weniger und die inneren noch weniger Hornsubstanz. Kerne und eiweißreiche Zellen bilden die innerste Unterlage. Die Blutgefäße verlaufen erst unter der Oberhaut in der Masse der Lederhaut. Die mit aufgelösten Eiweißkörpern ausgerüstete Ernährungsflüssigkeit, die aus ihnen hervortritt, gelangt daher zuerst zu den Kernen und den eiweißhaltigen Zellen, die an die Lederhaut zunächst grenzen. Hat sie hier die passenden Stoffe abgegeben, ist sie dem entsprechend verändert worden, so dringt sie zu den am Wenigsten verhornten Lagen vor, damit diese an Hornmasse gewinnen. Die ältesten Hornzellen bekommen zuletzt höchstens dasjenige, was die jüngeren bedürftigeren übrig gelassen haben.

Wechselseitige Ergänzung der Thätigkeiten.

§. 21. Manche Thätigkeiten bilden die Ergänzungsstücke von anderen, so daß sich eine einzige Aufgabe gleichsam theilt, um von einer Reihe verschiedener Werkzeuge gelöst zu werden. Die Stoffe z. B., die aus dem Blute und dann aus dem Körper entfernt werden sollen, sondern sich hiernach ihrer Cohäsion entsprechend. Die gas- und die dampfförmigen treten durch die Lungen und die Haut und die tropfbar flüssigen vorzugsweise durch den Harn aus. Wie die beschwertere Schaale einer Wage hinab- und die leichtere hinaufgeht, so vermehrt sich die Harnmenge, so wie Haut und Lungen weniger Wasser abdampfen lassen. Führt dagegen der Schweiß mehr Flüssigkeit ab, so wird auch weniger Urin unter sonst gleichen Verhältnissen abgeschieden. Wir haben hier zwei labile Glieder, die ungefähr dieselbe Gesammtsumme immer zu geben suchen.

§. 22. Diese Gleichgewichtsschwankungen hängen bisweilen mit gewissen Zweckmäßigkeitsbeziehungen zusammen. Die befruchtungsfähige Frau verliert monatlich eine gewisse Menge Blutes aus den Geschlechtswerkzeugen. Ist sie schwanger geworden, so hört diese Entleerung auf. Es kann ein Theil der sonst davongehenden Verbindungen dem Embryo zu Gute kommen. Ist das Kind geboren worden, so wendet sich ein Ueberschuß der nicht mehr an die Frucht abgegebenen Säfte nach den Brüsten hin. Diese liefern die Milch, wenn und so lange das Saugen ihre erhöhte Thätigkeit anregt. Die Menstruation bleibt indeß noch fortwährend aus. Wird hingegen die Milch aus den Brüsten nicht ausgesogen, so verliert sie sich in kurzer Zeit. Die weiblichen Regeln kehren mit der Ruhe jener Drüsen von Neuem zurück.

Gleichgewicht der Lebenserscheinungen.

§. 23. Halten wir uns an kürzere Zeiträume, so kehrt ein solches Gleichgewichtsstreben für alle Ernährungserscheinungen wieder. Verfolgen wir das Körpergewicht eines erwachsenen Menschen von Tag zu Tag, so finden wir, daß die Unterschiede nicht mehr, als eine Koth- und

eine Harnentleerung ausmachen, zu betragen pflegen. Etwas Aehnliches wiederholt sich sogar meistentheils, wenn ein Mensch oder ein Thier wächst oder abmagert. Wir erhalten hier kleine tägliche Zu- oder Abnahmen, die sich erst in größeren Reihen zu bedeutenderen sichtlicheren Werthen zusammenhäufen. Die Werkzeuge der Aufnahme und der Ausscheidung sind eben so eingerichtet, daß die Masse des Körpers in den gewöhnlichen Fällen nie plötzlich geändert wird, daß die Ausfuhr mit der Einfuhr nahebei gleichförmig steigt, so wie man sich auf die Betrachtung kleinerer Zeiträume beschränkt. Wir haben ein regelmäßiges Uhrwerk, das innerhalb einer gewissen Breite beständig bleibt und seinen gewöhnlichen Gang trotz mancher Hindernisse zu erhalten strebt.

Naturheilkraft.

§. 24. Dieser letztere Umstand hat häufig die Aerzte verleitet, eine eigene Naturheilkraft anzunehmen. Der Organismus selbst sollte das Vermögen besitzen, gewisse krankhafte Stoffe auf dem Wege der Krisen auszustoßen, um endlich die Freiheit seines gewöhnlichen gesunden Spieles wiederzugewinnen. Eine nähere Betrachtung lehrt aber, daß diese ganze Ansicht auf einem Mißverständnisse beruht. Der Verlauf einer jeden sich selbst überlassenen Krankheit hängt zunächst von der Beschaffenheit der Körpertheile ab. Sind die Elemente von diesen so entartet, daß nur regelwidrige oder selbst zerstörende Erzeugnisse zu Stande kommen, so verfolgt die Vernichtung ihren nothwendigen Gang. Es ist kein Gegenplan, der sie aufheben könnte, vorhanden. Die Naturheilkraft existirt hier eben so wenig, als die Lebenskraft für die Lebensverhältnisse überhaupt. Es ereignet sich dagegen allerdings, daß die labilen Ausführwerkzeuge ein Plus der Thätigkeit in Vergleich zu den unmittelbar vorangegangenen Wirkungen übernehmen, daß diese Gleichgewichtsschwankung andere Theile entlastet und zur Wiederkehr einer regelmäßigeren Thätigkeit fähig macht. Der Schweiß oder der Harn können auf diese Weise flüssige Wassersuchtsergüsse heben, fortführen, Durchfälle den die Hirnmasse beengenden Ausschwitzungen entgegenarbeiten und Mittel, welche die Einsaugung erhöhen, feste Ablagerungen hinwegschaffen. Alle diese Erscheinungen sind aber die Folgen der natürlich gegebenen oder der künstlich erregten Bedingungen, nicht aber eines eigenen Rettungsplanes, einer besonderen, der Krankheit entgegentretenden Kraft, die dem Organismus von vorn herein verliehen wäre.

Verschiedenheit der Lebensalter.

§. 25. Jedes thierische Geschöpf hat eine Zeit der Entwickelung und des Wachsthumes, ein mittleres Lebensalter, in dem sich die Körpermasse unveränderter zu erhalten sucht, und eine Epoche der Abnahme, die mit dem natürlichen Tode geschlossen wird. Diese periodischen Veränderungen erklären sich aus der Einrichtungsweise der organischen Geschöpfe. Die jüngeren Elemente können immer noch die Ueberschüsse so verarbeiten, daß neue passende Gewebtheile herauskommen. Die älteren sind eben nur noch im Stande, sich selbst zu erhalten. Ihre Energie sinkt aber nach und nach in dem Maaße, daß sie endlich selbst noch an Masse einbüßen. Wenn dabei manche Veränderungen, wie das erste

Zahnen, der Zahnwechsel, der Eintritt der Geschlechtsreife oder das Ausbleiben der weiblichen Regeln der alternden Frau an bestimmte, nur innerhalb gewisser Breiten schwankende Altersjahre gebunden wird, so erklärt sich dieses daraus, daß jene Erscheinungen die nothwendigen Folgen gewisser Wachsthumsstufen bilden, daß sie sich unter diesen Vor- und den nöthigen Nebenbedingungen von selbst abspinnen. Eine wahre periodische Wiederholung greift hier nicht sichtlich durch.

Organische Periodicität. §. 26. Diese tritt hingegen in manchen Thätigkeiten und zwar vorzüglich in denen der Geschlechtswerkzeuge deutlich hervor. Die Brunst vieler Thiere kehrt nur zu regelmäßigen Jahresabschnitten wieder. Die meteorologischen Verhältnisse und vorzüglich die Wärme üben hierbei oft einen sichtlichen Einfluß aus. Wenn sich aber schon viele Geschöpfe während der Winterkälte zu der im Frühjahre eintretenden Brunst vorbereiten, wenn die Frau zu allen Jahreszeiten nach je vier Wochen menstruirt wird, so ergiebt sich, daß auch noch andere Bedingungen, als die Wärme der Umgebung diesen Wechselerscheinungen zum Grunde liegen müssen. Hieraus folgt noch nicht, daß der weibliche Organismus die gleiche Periodicität aus sich selbst heraus erzeugt, daß sie vorhanden sein würde, wenn wir alle äußeren Einflüsse ohne Tödtung des lebenden Wesens beseitigen könnten. Wir werden vielmehr sehen, daß diese regelmäßig wiederkehrenden Erscheinungen mit Ursachen, die in dem Organismus nicht ausschließlich liegen, wahrscheinlicher Weise zusammenhängen.

Physikalische Eigenschaften des menschlichen Körpers.

Kleinheit der wirksamen Bestandtheile. §. 27. Der geringe Umfang und die außerordentliche Menge der Stücke, mit denen die Natur in dem thierischen Geschöpfe arbeitet, gewähren eine Reihe von Hauptvortheilen, die wir in unseren künstlichen Vorrichtungen in dem gleichen Maaße nie erreichen können. Wir müssen die verschiedenartigen Gebilde, die noch als gesonderte Werkzeuge thätig sind, mit dem bewaffneten Auge aufsuchen und selbst die stärksten Vergrößerungen reichen in manchen von ihnen nicht hin, alle einflußreicheren Bestandtheile klar darzulegen. Was wir ein Organ nennen, ist nur eine berechnete Anhäufung einer großen Menge mannigfacher mikroskopischer Gewebe, von denen jedes in seiner eigenthümlichen Weise

thätig ist. Die Schranken unserer Sinne machen es schon unmöglich, diese durch das Kleine großartige Einrichtung auch nur im Entferntesten nachzuahmen.

Zahl der mikroskopischen Gebilde.

§. 28. Eine jede genaue Berechnung der Zahl der Gewebstücke, die einem bestimmten Theile zukommen, stößt auf unüberwindliche Schwierigkeiten, weil die Formen derselben keinen einfachen mathematischen Gestalten entsprechen und die Größen, die gegenseitigen Abstände und die Dichtigkeit der Vertheilung der einzelnen Gebilde schon innerhalb kleiner Bezirke in merklichem Maaße zu wechseln pflegen. Die Untersuchung fußt auf einem um so unsichereren Boden, je mehr fremdartige Gewebtheile sich zwischen denen, welche die Hauptmerkmale des Organes bestimmen, eingeschaltet haben. Nimmt man einzelne Werkzeuge, wie z. B. die Muskeln, aus, so liegt auch im Ganzen wenig daran, die Mengen der Gewebe mit Genauigkeit zu kennen. Selbst die ungefährsten Schätzungen reichen aber zu dem Nachweise hin, daß die höheren Thiere Millionen einzelner physikalischer oder chemischer Laboratorien in jedem ihrer größeren Organe besitzen können.

Harting [1]) hat berechnet, daß durchschnittlich 1086 bis 1224 Oberhautzellen (Taf. II. Fig. XXXII.) des erwachsenen Menschen in der Flächenausdehnung eines Quadratmillimeters zusammengedrängt sind. Da nun die Oberfläche meines Körpers nahebei $1^1/_2$ Quadratmeter beträgt, so kommen $1^2/_3$ Milliarden von Hornzellen auf eine einzige Epidermislage. Die dünnsten Oberhautstellen haben aber noch eine größere Reihe und mindestens mehr als ein Dutzend solcher einzelner Schichten, von denen jede schon mehr als eine Billion kleiner hornigter, in sich abgeschlossener Plättchen darbietet.

Die Luftröhre des Kaninchens führt ungefähr 20 Millionen und die des Menschen sogar $1^1/_2$ Milliarden Flimmerhaare, von denen jedes in fortwährender Unruhe begriffen ist. Das Fett des erwachsenen Menschen erscheint weniger fein vertheilt, als das des Neugeborenen. Jenes hat dessenungeachtet schon 4000 Fettzellen (Taf. II. Fig. XXVII.) in dem Raum eines einzigen Cubikmillimeters. Die oberflächlichste, mikroskopisch dünne Lage der Krystalllinse einer Frau enthielt nach Harting 2000 Linsenfasern (Taf. I. Fig. LVI.) und die gesammte Aderhaut des Auges 11 Millionen Pigmentzellen (Taf. II. Fig. XXIX.).

Die Wurzeln der menschlichen Hirnnerven führen nach Rosenthal mehr als hunderttausend Primitivfasern nach einer wahrscheinlich zu geringen Anschlagsberechnung. Nimmt man noch die Rückenmarksnerven hinzu und bedenkt, daß sich viele Fasern in ihrem ferneren Verlaufe spalten, so erhält man wiederum viele Milliarden für die einzelnen Leitungsbahnen, die den geistigen Regungen des Menschen nur auf dem Gebiete des peripherischen Nervensystemes zu Gebote stehen. Der Mittelnerv des Erwachsenen schließt schon nach Harting 12000 bis 21000 und der Schenkelnerv 21000 bis 50000 Primitivfasern ein.

§. 29. Diese Zahlen können nur den, welcher mit den übrigen Naturerscheinungen nicht vertraut ist, in Staunen setzen. Mögen wir uns hinwenden, wo wir wollen, so stoßen wir auf Werthe, die unser beschränktes Fassungsvermögen als unendlich groß zu betrachten pflegt. Obgleich das Licht 283 Millionen Meter in der Secunde durchläuft und die Länge jeder einzelnen Lichtwelle nur $1/_{2000}$ Mm. im Mittel beträgt, so braucht doch ein Lichtstrahl, der von einem Stern zwölfter Größe oder von durchschnittlich 326,1 Sternweiten herkommt, etwa 4000 Jahre, um die Erde zu erreichen. Die oben erwähnten Gewebe der Thiere enthalten anderseits eine Menge verschiedener untergeordneter Bestandtheile, von denen die kleinsten unter den stärksten Mikroskopen nicht mehr erkannt werden. Die letzten Molecüle aller Körper haben einen so geringen Umfang und sind so gleichartig zusammengefügt, daß sie das Auge des Menschen nie erblicken wird.

§. 30. Es ist nicht sowohl die Menge, als die planmäßige Verbindung der einzelnen Stücke, die das Wunderbare der organischen Schöpfung ausmacht. Die Natur hat jeden Organismus so eingerichtet, daß er in möglichst kleinsten, bis zu einem gewissen Grade selbstständigen Bezirken überall arbeitet. Diese Einrichtung führt zwar von selbst zu vielen wesentlichen Vorzügen, auf die wir sogleich zurückkommen werden. Sie greift aber der Natur der Sache nach so sehr durch, daß sie selbst für gleichgültigere Verhältnisse wiederkehrt. Schlägt sich z. B. der kohlensaure Kalk in den Kalksäckchen der Frösche krystallinisch nieder, so erhalten wir Kryställchen, von denen die größten einen Maximaldurchmesser von noch nicht $1/_{30}$ Mm., die kleinsten dagegen noch weniger als $1/_{450}$ Mm. darbieten. (Taf. I. Fig. VI. bis VII.)

Oberflächenvergrößerung der Gewebe.

§. 31. Die Vergrößerung der freien wirksamen Oberflächen bildet einen der auffallenden Vorzüge, den die Vertheilung in kleinere Massen darzubieten vermag. Ein gepulverter Körper löst sich unter sonst gleichen Verhältnissen rascher, als ein umfangreicheres Gesammtstück auf, weil sich mehr Molecüle der festen und der flüssigen Masse wechselseitig berühren können. Die in der Blutflüssigkeit schwimmenden Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXIV.) sind daher auch ihrer Kleinheit wegen im Stande, die ausgedehnteste Wechselwirkung auf die sie umgebende Mutterflüssigkeit und die von ihr verschluckten Gase auszuüben. Ihr mittlerer Durchmesser beträgt im Menschen $1/_{140}$ und ihre durchschnittliche Dicke $1/_{600}$ Mm. Die Natur gewinnt daher außerordentlich an wirksamer Oberfläche, indem sie gleichsam die feste Gesammtmasse der Blutkörperchen in Rollen von $1/_{140}$ Mm. Querdurchmesser und diese wiederum in Scheiben von $1/_{600}$ Mm. Höhe zerschneidet. Da aber die obere und die untere Seite der Blutkörperchen entweder vertieft, wie in dem Menschen, den Säugethieren und einzelnen Fischen, oder erhaben, wie in den Vögeln, den Reptilien und anderen Fischen ausfallen, so ergiebt sich von selbst, daß dieser Nebenumstand eine noch größere Oberfläche liefert, als wenn jedes Blutkörperchen die ebenen Grenzflächen eines mathematischen Cylinders

dargeboten hätte. Thiere, die kleinere Blutkörperchen mit verhältnißmäßig ausgedehnteren Grenzflächen und diese wiederum in gleichen oder noch größeren relativen Mengen besitzen, werden lebhaftere Thätigkeit in dieser Beziehung verrathen können.

Die Vertheilung der Blutmasse führt zu ähnlichen Erscheinungen. Das kreisende Blut erfüllt zweierlei Bestimmungen. Es giebt Stoffe an die Körpergewebe ab und tauscht gewisse elastisch flüssige Verbindungen mit der Atmosphäre in den Lungen und der Haut aus. Beiderlei Thätigkeiten erhöhen sich, wenn größere Oberflächen des Blutes mit ausgedehnteren Gefäßwänden in Berührung kommen. Die größeren Leitungsröhren der Schlag- und der Blutadern haben deshalb die feinen Canäle der Haargefäße zwischen sich. Die schmalsten mit Blut gefüllten Capillaren der Netzhaut (Taf. I. Fig. XIV.) und des Gehirns messen z. B. nach Henle $1/_{200}$ Mm. Sie sind 2700 Mal so fein als die Aorta an ihrem Ursprunge. Es ergiebt sich hieraus, daß sich die Berührungsflächen mit den Gefäßwänden schon in dem gleichen Maaße verhältnißmäßig vervielfältigen würden, wenn wir dieselben Längen- und Blutmassenwerthe zum Grunde legen. Da aber Haargefäße, die fast noch halb so fein, als die genannten sind, in einzelnen künstlich injicirten und deshalb zu sehr ausgedehnten Präparaten vorkommen und die Schlagadern oder die Blutadern nur durch allmählige Theilungen in die Haargefäße übergehen, so ergiebt sich von selbst, daß die Oberflächenvergrößerung, welche die Natur mittelst des Haargefäßsystemes erreicht, noch weit beträchtlicher ausfallen muß.

Die absondernden Drüsen liefern ein drittes Beispiel, wie sehr die Natur auf diesem Wege für einzelne Werkzeuge zu gewinnen vermag. Sie bilden eine Menge verknäuelter oder baumförmig verzweigter schmaler Röhren. Wir werden später sehen, wie sehr sich die Höhlungsoberflächen dieser Absonderungscanäle unter diesen Verhältnissen vergrößern können. Wir wollen für jetzt nur beispielsweise anführen, daß ein Quadratmillimeter Querschnitt der Schleimhaut des Kaninchenmagens ungefähr 700 Magendrüsen (Taf. IV. Fig. LIII.) einschließt und die durchschnittliche Absonderungsfläche beider Nieren, die nur $1/_{148}$ bis $1/_{246}$ der Körpermasse in Anspruch nehmen, ungefähr 6 Mal so groß, als die ganze äußere Hautoberfläche ausfällt.

§. 32. Die Betrachtung der physikalischen und der chemischen Eigenschaften der einzelnen Gewebe wird uns noch andere Vortheile, welche die Zerklüftung der organischen Werkzeuge in mikroskopische selbstständige Stücke darbietet, kennen lehren. Sie und die Darstellung der Einzelthätigkeiten wird uns fast auf jedem Schritte nachweisen, daß der geringe Umfang und die große Menge der Träger der Lebensthätigkeiten zu den mannigfachsten Vervollkommnungsarten der Wirkungen wesentlich beitragen.

§. 33. Die Nachgiebigkeit der meisten thierischen Organe rührt zu einem großen Theile von ihrem bedeutenden Wassergehalte her. Trock- Wassergehalt der thierischen Theile.

net man Muskeln, Sehnen und andere Weichgebilde vollständig aus, so bilden sie spröde Massen, die nicht selten wie Glas zerspringen. Weicht man sie in Wasser von Neuem auf, so erhalten sie meist einen großen Theil ihrer früheren Geschmeidigkeit wieder.

Die Gesammtmasse eines Thieres kann beinahe ¾ ihres Gewichtes an Verbindungen, die sich bei 100° C. verflüchtigen, einschließen. Ein unter Baumöl getödteter und sorgfältig gereinigter Frosch, der 29,84 Grm. in frischem Zustande gewogen hatte, hinterließ nur 5,40 Grm. oder 18,1 % festen Rückstandes. Das Eintrocknen hatte also sein Gewicht um beinahe ⅚ herabgesetzt.

§. 34. Die in dem thierischen Körper vorkommenden Flüssigkeiten führen natürlich mehr Wasser, als die Festgebilde. Die Mengen desselben wechseln aber mit den Absonderungs- und den Ernährungsverhältnissen in hohem Grade. Hält man sich an die gewöhnlichen Werthe, so bildet das Blut, das 78 bis 80% flüchtiger Stoffe zu enthalten pflegt, gewissermaaßen die Grenzscheide zwischen den flüssigeren und den festeren Bestandtheilen des menschlichen Körpers.

Die vollständige Verdampfung entzieht dem Schweiße und der Mundflüssigkeit 99¾ bis 99 Gewichtsprocente flüchtiger Bestandtheile. Die Amniosflüssigkeit, der Magensaft und die wässerige Feuchtigkeit des Auges liefern in dieser Hinsicht 99 bis 98 %, die Lymphe, der Nasenschleim, der Bauchspeichel und der Same 97 bis 90 %, endlich die Galle 90 bis 87 % und die Milch 92 bis 83 %. Der Wassergehalt des Harnes schwankt mit der Verschiedenheit der Nebenverhältnisse. 93 bis 98 % sind die Zahlen, die man am Gewöhnlichsten zu erhalten pflegt.

Das lockere mit Ernährungsflüssigkeit getränkte Zellgewebe giebt schon 80 %, das Gehirn 78 bis 75 %, die Drüsen und die Muskeln 79 bis 72 % und die Knorpel, die Bänder, die Sehnen und die Krystalllinse des Auges 70 bis 57 %. Die gereinigten frischen Knochen können noch um 14 % und mehr im Wasserbade abnehmen.

§. 35. Das äußere Ansehen täuscht häufig in Betreff des Wassergehaltes vieler Körper. Substanzen, die trocken zu sein scheinen, oder, wie man sich ausdrückt, lufttrocken sind, verlieren oft noch beträchtliche Gewichtsmengen, wenn sie einer Wärme von 100° bis 120° C. anhaltend ausgesetzt werden. Gepulverter krystallisirter Rohrzucker giebt dann nur unbedeutende Quantitäten, z. B. 0,6 %, d. h. wahrscheinlich so viel, als von Wasserdämpfen oder anderen flüchtigen Körpern in den Zwischenräumen der Theilchen des feinen Pulvers zurückgeblieben, ab. Das Hirschhorn zeigt schon 14½ % und das gewöhnliche trockene Brot 46 bis 43 %.

Eigenschwere. Die Eigenschwere oder das Verhältniß des Rauminhaltes zum Gewichte des Körpers wechselt in den verschiedenen Bestandtheilen des thierischen innerhalb ziemlich enger Grenzbezirke. 1 Cubikcentimeter Wasser wiegt gerade 1 Grm. im Zustande der größten Dichtigkeit oder nahe bei 4° C. Nimmt man sein specifisches Gewicht als Ausgangspunkt, so

braucht man nur die Menge von Grammen, die eine andere Masse wiegt, mit der Zahl von Cubikcentimetern, die sie einnimmt, zu theilen, um den für die Eigenschwere gültigen Werth zu erhalten.

§. 36. Die thierischen Gewebe führen nur einen Hauptkörper, der leichter, als das Wasser ausfällt. Das Menschenfett hat nur 0,932 als Eigenschwere. Keine Flüssigkeit unseres Organismus bietet ein specifisches Gewicht, das dem destillirten Wassers gliche oder genau 1 betrüge, dar, weil jede von ihnen feste Bestandtheile aufgelöst enthält. Die Knochen, welche die höchsten Werthe besitzen, erreichen noch nicht völlig die doppelte Eigenschwere des reinen Wassers. Eigenschwere der Gewebe.

§. 37. Das Blut, dessen specifisches Gewicht 1,06 beträgt, bildet wiederum so ziemlich die Scheidewand zwischen den flüssigen und festen Bestandtheilen des Organismus. Wasserreiche Mischungen, wie das Schaafwasser, der Speichel, der Magensaft und selbst der Harn zeigen nur 1,004 bis 1,02. Die Galle, die Milch und die Lymphe haben dagegen 1,02 bis 1,04. Das Gehirn, dessen Eigenschwere durch seinen reichen Fettgehalt niedergedrückt wird, besitzt ebenfalls nur 1,03 bis 1,009.

Thierische Theile, die mit viel Ernährungsflüssigkeit durchtränkt sind, liefern nicht selten specifische Gewichte, die dem Durchschnittswerthe der gesammten Blutmasse nachstehen. Man kann z. B. 1,04 für einzelne Muskeln, 1,02 für manche Nerven oder Blutgefäße erhalten. Läßt man diese Fälle bei Seite, so stehen die gewöhnlichen Werthe, die für die bis jetzt geprüften Festgebilde des menschlichen Körpers gefunden wurden, über der Durchschnittszahl der Blutmasse oder wenigstens auf ungefähr gleichem Range mit derselben. Man hat z. B. 1,06 bis 1,10 für die Schlagadern, 1,08 bis 1,11 für die Blutadern, 1,05 bis 1,13 für die Nerven, 1,11 bis 1,13 für die Sehnen, 1,1 für die Knorpel, 1,2 bis 1,5 für die frischen mit der Beinhaut überzogenen Knochen, 1,9 bis 2,0 für die gereinigten Knochen oder für Knochenstreifen, die vorzugsweise der dichten Rindensubstanz entnommen worden.

§. 38. Die mittlere Eigenschwere des ganzen Körpers bildet wiederum die Resultante der mit den absoluten Mengen in Beziehung gebrachten specifischen Gewichte der einzelnen Bestandtheile. Es versteht sich daher von selbst, daß ein verhältnißmäßiges Uebergewicht der Knochenmasse und anderer Festgebilde das specifische Gewicht erhöhen und reichliche Fettablagerungen es herabsetzen können. Eigenschwere des ganzen Körpers.

§. 39. Frühlingsfrösche, die sich in der Begattungsumarmung befanden, ergaben im Ganzen 1,03 bis 1,04, und drei Mäuse 0,96 bis 1,04. Ein achtmonatliches Kind, das zwei Tage gelebt hatte, zeigte 1,008. Der mit einem stärkeren Knochengerüst versehene Erwachsene hat eine etwas größere durchschnittliche Eigenschwere. 1,06 bis 1,07 dürfte diejenige Schätzungsgröße sein, welche sich der Wahrheit am Meisten annähert. Dieser Werth würde daher nicht bedeutend von der Eigenschwere der Blutmasse abweichen. Läßt man die Geschlechtsunterschiede unberücksichtigt, so wiegt der mittlere, 30jährige Mensch 59 Kilogr.

Sein Rauminhalt würde hiernach 55,4 Cubikdecimeter oder in runder Summe nicht ganz $1/_{19}$ Cubimeter betragen.

§. 40. Jeder kann seine Eigenschwere augenblicklich dadurch ändern, daß er Luft in seine Lungen einzieht. Legt man die des Wassers als Einheit zum Grunde, so beträgt die der Atmosphäre 0,001299. Diese ist also beinahe 770 Mal so leicht, als jenes. Es wird daher die eingezogene Luft den Körper verhältnißmäßig stärker, als eine Korkschürze, deren Masse 0,24 zum specifischen Gewichte hat, erleichtern. Da aber die Luft, die wir in unsere Lungen aufnehmen können, nur wenige Grammen beträgt, so ergiebt sich, daß dieses Hilfsmittel bloß untergeordnete Verbesserungen herbeizuführen im Stande ist.

§. 41. Das Meerwasser erreicht eine Eigenschwere von 1,03. Die des Flußwassers fällt noch geringer aus. Der Mensch sinkt daher in beiden unter, sobald er vollständig untertaucht und sich nicht mit Hilfe passender Körperbewegungen von Augenblick zu Augenblick nach oben zu schnellen sucht. Zieht er möglichst viel Luft in seine Lungen ein, so wird er sich hierdurch leichter oben erhalten können. Die Capacität der Lungen gestattet aber nicht die Aufnahme so großer Luftmassen, daß diese allein die Eigenschwere des Menschen von 1,065 selbst nur auf 1,03 zurückführen könnten. Wenn die Leichen Ertrunkener vom Wasser nach einiger Zeit ausgeworfen werden, so tragen vermuthlich hierzu dreierlei Ursachen, die Umfangszunahme im Wasser, die hiermit verbundene Auflösung von Stoffen und die Fäulniß, vorzüglich die durch sie entwickelten Gase gemeinschaftlich bei.

§. 42. Reichliche Fettablagerungen (Taf. II. Fig. XXVII.) setzen die Eigenschwere des Menschen um so stärker hinab, je mehr sie den anderen Theilen und vorzüglich den Knochen und den Muskeln gegenüber vorherrschen. Es ereignet sich jedoch nur in sehr seltenen Ausnahmen, daß ein Mensch seiner ungewöhnlichen Fettleibigkeit wegen wie ein Kork im Meerwasser oben bleibt.

Cohäsion. §. 43. Man pflegt die Cohäsion oder die absolute Festigkeit eines dichten Körpers durch das auf eine bestimmte Querschnittseinheit zurückgeführte Rißgewicht auszudrücken. Nehmen wir an, ein mit seinem oberen Ende eingeklemmter senkrecht hängender cylindrischer Drath, dessen Querschnitt 2 Quadratmillimeter beträgt, müsse mit 150 Kilogramm an dem anderen Ende beschwert sein, bis er an einer Stelle zerrissen wird, so würde seine Cohäsion für die Querschnittseinheit eines Quadratmillimeters und die Gewichtseinheit eines Kilogrammes 75 ausmachen.

§. 44. Der in diesen Versuchen gebrauchte Körper trägt aber zweierlei Lasten. Er ist mit dem Zuggewicht, das wir willkührlich aufgelegt haben, beschwert. Jeder obere Theil wird aber noch von der Gesammtsumme des unter ihm liegenden belastet werden. Ein Metalldrath muß ohne alle fremde Last einreißen, wenn das seinem Querschnitt entsprechende Rißgewicht von seiner eigenen Masse geliefert wird. Wäre

er z. B. von Eisen, hätte er daher eine Eigenschwere von 7,5 und eine Cohäsion von 75, so würde dieser Fall bei etwas mehr als 10 Kilometer Länge für 1 Quadratmillimeter Querschnitt eintreten.

§. 45. Dünne Eisendräthe haben größere Cohäsionswerthe, als dickere von ungefähr gleicher Zusammensetzung. Sollte die Festigkeit der feuchten Thiergewebe mit der Oberflächenvergrößerung ebenfalls wachsen, so wird die Zerklüftung in mikroskopische Fasern oder Blätter (Taf. III. Fig. XL.) den Widerstand wesentlich erhöhen können.

§. 46. 100 Fäden, die in einem Stricke passend zusammengefügt sind, tragen mehr als das 100fache dessen, was jeder einzelne unter sonst gleichen Verhältnissen aushalten würde. Wenn die Natur viele Tausende der feinsten Gewebtheile zu einem Ganzen zweckmäßig verbunden hat, so wird sie auch auf diesem Wege an Festigkeit ihrer Werkzeuge von Neuem gewinnen.

§. 47. Platte Seile liefern stärkere Wirkungen, als runde von derselben Beschaffenheit. Viele Kopfhaare und vorzüglich eine große Zahl von Sehnen, die längliche statt kreisförmige Querschnitte besitzen, sind wahrscheinlich hierdurch in den Stand gesetzt, neue Vortheile darzubieten.

§. 48. Zwei aus den gleichen Geweben bestehende Theile liefern oft wesentlich verschiedene Cohäsionswerthe. Der eine kann 9 Mal so fest, als der andere erscheinen. Diese Abweichungen liegen theils in der Natur der Sache, theils aber auch in dem Prüfungsverfahren. Die ursprüngliche Molecularverschiedenheit und vorzüglich die Art der Zusammenfügung, die gedrängtere oder zerstreutere Vertheilung der Bündel, die Mischung festerer und weniger fester Bestandtheile, die günstigere oder ungünstigere Form des Ganzen bedingen zunächst viele der Hauptverschiedenheiten, die wir in einer Reihe von Leichnamen und in den mannigfachsten entsprechenden Stücken eines und desselben Körpers antreffen. Die ungleichen Längen, die nicht einfachen mathematischen Formen, die nach dem Tode eintretende Zersetzung und die Art, wie die Zuggewichte auf die einzelnen mikroskopischen Bestandtheile wirken, erhöhen noch die Schwankungen, welche die sorgfältigsten Bemühungen liefern können.

§. 49. Dünne Bleidräthe haben durchschnittlich 2,7, Kupferdräthe 27,5 und Eisendräthe von 0,85 Quadr. Mill. Querschnitt 76,2 als Cohäsionswerthe. Sehr dünne Cocconfäden, die aus 8 bis 10 mikroskopischen Fäden zusammengesetzt waren, ergaben 28 und eine gut zusammengeflochtene seidene Schnur 42,5. Vergleichen wir hiermit die Zahlen, zu denen Wertheim [2]) und ich für verschiedene Theile menschlicher, einige Tage alter Leichname gelangt sind, so erhalten wir:

Theil.	Cohäsion		Theil.	Cohäsion	
	Mittelgröße.	Grenzwerth.		Mittelgröße.	Grenzwerth.
Muskeln	0,06	0,02 bis 0,13	Sehnen	5,3	2,3 bis 10,4
Schlagadern . . .	0,14	0,1 = 0,2	Knochen nach Wertheim	8,00	4,3 = 15,0
Blutadern	0,23	0,1 = 0,3			
Nerven	0,98	0,6 = 3,5	Knochen nach Bevan	37,9	25,11 = 75,81
Haare	9,9	— — —			

Die Reihenfolge, in der die einzelnen Gewebe hier verzeichnet sind, dürfte im Allgemeinen der der Cohäsionszunahme entsprechen. Wir sehen aber hieraus, daß die absolute Festigkeit keines thierischen Theiles und selbst nicht die der Seidenschnüre die Cohäsion der dünnen Eisendräthe erreicht. Alle Nebenvortheile, welche die organischen Gewebe darbieten, können die Unterschiede der Molecularbeschaffenheit nicht aufheben.

§. 50. Es ist keine Unvollkommenheit, wenn kein Theil unseres Körpers eisenfest gemacht worden. Die Natur gewinnt gerade hierdurch andere, später zu erwähnende wichtigere Eigenschaften. Diejenigen Körpertheile, welche große Lasten tragen müssen, sind dessungeachtet so stark angelegt, daß ihre Cohäsion selbst außerordentliche Bedürfnisse immer noch überschreitet. Schlägt man z. B. den mittleren Durchmesser der dünnsten Stelle der Achillessehne zu 15 Mm. an und legt nur den niedersten der oben angeführten Werthe zu Grunde, so ergiebt sich, daß ungefähr das Siebenfache des Gewichtes des menschlichen Körpers oder etwas mehr als 400 Kilogr. nöthig wären, um jene Strecksehne des Fußes zu zerreißen. Wenn aber die krampfhafte Zusammenziehung der Wadenmuskeln diese Störung des Zusammenhanges in seltenen Ausnahmsfällen herbeiführt, so zeigt dieses nur, welche Kräfte die Muskelverkürzung zu liefern im Stande ist.

Elasticität. §. 51. Beschwert man einen aufgehängten Körper mit immer größeren Lasten, so verlängert er sich mit der Zunahme des Zuggewichtes, bis er endlich an der schwächsten Stelle durchreißt. Entfernt man aber die Belastungen, ehe dieses geschieht, so sucht er zu seiner früheren Länge zurückzukehren. Gelingt ihm dieses, so hat er sich als vollkommen elastisch bewährt. Bleibt er hingegen um eine gewisse Größe anhaltend verlängert, so zeigt sich, daß er eine unvollkommene Elasticität besitzt.

§. 52. Ein und derselbe Körper bietet beide Eigenschaften nach Verschiedenheit der Zuggrößen dar. Ein Riemen z. B., der ursprünglich 20 Mm. lang ist, kann nach einer vorübergehenden Beschwerung von 50 Grm. zu seiner früheren Länge zurückkehren. Hat man ihn hingegen mit 60 Grm. belastet, so verkürzt er sich später höchstens bis auf 24 Mm. 50 Grm. bezeichnen daher die Grenze seiner vollkommenen

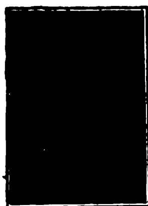
Elasticität. Die der unvollkommenen ist natürlich durch den Cohäsionswerth gegeben.

§. 53. So einfach diese Verhältnisse erscheinen, so viele Schwierigkeiten stellen sich der Bestimmung derselben in der Wirklichkeit entgegen. Die Molecularbeschaffenheit, die Temperatur, die Art und die Dauer des Zuges liefern hier einflußreiche Nebenbedingungen. Manche Massen, wie die Seide und die meisten unserer Körpertheile, verkürzen sich nur bis zu einem gewissen Grade, unmittelbar nachdem die Last entfernt worden ist. Ihre Länge nimmt aber später noch nachträglich ab.

§. 54. Betrachtet man die Verlängerungen, welche die verschiedenen Gewichte erzeugen, so sind zwei Fälle möglich. Sie nehmen mit den Lasten gleichförmig oder ungleichförmig zu. Die Weichgebilde des menschlichen Körpers führen in dieser Hinsicht zu einer eigenthümlichen Erscheinung. Stellen wir uns die Sache unter einem mathematischen Bilde dar, so können wir die zunehmenden Belastungen als Abscissen *ab, ac, ad*, Fig. 1, und die ihnen entsprechenden Verlängerungen als Ordinaten ansehen. Wachsen nun beide in gleichem Verhältnisse, so daß $be : cf = ab : ac$ ist, so bildet die Elasticitätslinie *aefg* eine gerade Linie, weil sich die entsprechenden Seiten ähnlicher Dreiecke proportional verändern. Ist dieses aber nicht der Fall, wachsen z. B. die Verlängerungen *bh, ci, dk* anders, als die Zuggewichte *ab, ac, ad*, so geht die Elasticitätslinie in einer Curve *ahik* dahin, deren Verlauf von den Abscissen und den Ordinaten abhängen wird.

Elasticitätslinie der thierischen Gewebe.

Fig. 1.



Viele unorganische Körper zeigen das einfachste Verhältniß. Ihre Verlängerungen nehmen in gleichem Maaße mit den Beschwerungen zu. Sie besitzen daher eine gerade Elasticitätslinie *aefg*. Dieses kehrt nach Wertheim und Chevandier für die Hölzer und für die Knochen, vorzüglich wenn sie trocken in Streifen ihrer dichten Masse geprüft werden, wieder. Die menschlichen Weichgebilde hingegen liefern durchgehends eine krumme Elasticitätslinie, die, wenn keine übermäßigen Belastungen einwirken, mit einer Hyperbel *ahik* nach Wertheim übereinstimmt. Der Wassergehalt bildet eine Hauptursache dieser Erscheinung. Sind die Sehnen oder die Nerven an der Luft eingetrocknet, so nähert sich ihre Elasticitätsbahn einer geraden Linie.

Fig. 2.



§. 55. Besitzt ein Cylinder *ABCD*, Fig. 2, eine gerade Elasticitätslinie, so erhält man die einfachste Ueberficht seines Ausdehnungsverhältnisses, wenn man das auf eine gewisse Querschnittseinheit zurückgeführte Gewicht *P* angiebt, das ihn um das Doppelte seiner Länge, auf *ABFG* bringt. Gehen die Ausdehnung und die Zusammendrückbarkeit gleichartig fort, so wird auch das Gewicht *P*, wenn man es auf

Elasticitätscoefficient.

A B legt, den Cylinder *A B F G* auf die Hälfte seiner Länge auf *A B C D* zurückführen. Der Begriff des Elasticitätscoefficienten oder des Elasticitätsmodulus stützt sich auf diese Voraussetzungen. Man bezeichnet hiermit dasjenige auf eine Querschnittseinheit bezogene Gewicht, dessen Zugkraft die ursprüngliche Länge des Körpers verdoppeln und dessen Druckkraft sie auf die Hälfte derselben beschränken würde.

§. 56. Der Elasticitätscoefficient gehört häufig zu den nur ideellen Werthen, weil viele Massen eher reißen, als sich auf das Doppelte verlängern. Seine Berechnung ruht in vielen Fällen, die selbst sehr elastische feste Körper betreffen, auf einer unrichtigen Grundlage, weil die Ausdehnungsfähigkeit und die Zusammendrückbarkeit, vorzüglich in Körpern, die aus verschiedenartigen Bestandtheilen gemischt sind, nicht Hand in Hand gehen. Er zeigt endlich die Ausdehnung für andere Belastungen nicht sicher an, wenn die Elasticitätslinie keine gerade oder keine mathematisch zu berechnende krumme Linie darstellt.

§. 57. Sucht man diesen Werth für die Bestandtheile der thierischen Gewebe auf, so stößt man auf eben so viele Schwankungen, als in den Cohäsionsgrößen (§. 48.). Wertheim erhielt 0,052 Kilogr. für die auf 1 Meter Länge und 1 Quadratmillimeter Querschnitt zurückgeführte Haut der menschlichen Schenkelschlagader. Die Schenkelblutader hatte 0,84 bis 0,88, der Schneidermuskel 0,26 bis 1,27, verschiedene Nerven des Schenkels 10,05 bis 32,42, die Sehnen 128,39 bis 200,50 und Streifen der dichten Knochenmasse des Schenkel- und des Wadenbeines 1819 bis 2710. Ludwig fand 0,90 bis 1,45 für Querriemen des Aortenbogens des Pferdes, und ich 1,30 für die des gleichen Gefäßtheiles des Rindes. Der Hund ergab jedoch nur 0,36 nach jenem Forscher. Stücke der ferner verlaufenden Schlagadern besaßen durchgängig kleinere Werthe, als der Bogen der Aorta.

§. 58. Es hängt hierbei viel davon ab, ob die thierischen Theile vorher gezerrt worden oder nicht. Haben sie einmal die Grenze ihrer vollkommenen Elasticität überschritten, so hat sie auch die frühere Last, die auf sie einwirkte, überall oder an einzelnen Stellen schmaler gemacht. Sie dehnen sich zugleich in der Folge unter neuen Belastungen weniger aus. Beides kann dazu beitragen, den Elasticitätscoefficienten bedeutend zu erhöhen. Ein Querriemen der Aorte des Rindes lieferte z. B. 1,23 im Anfange und 3,11 nach dem Ueberschreiten seiner vollkommenen Elasticitätsgrenze.

§. 59. Ein Körper, der einem auf ihn wirkenden Zuge wenig nachgeben soll, wird einen großen Elasticitätscoefficienten besitzen müssen. Die umgekehrte Bedingung hingegen macht eine kleinere Größe der Art nothwendig. Die Knochen und die Weichgebilde des thierischen Körpers können diese Gegensätze deutlich machen. Jene haben einen durchschnittlich beinahe 14 Mal so großen Elasticitätscoefficienten, als die Sehnen, die zu den festesten Weichgebilden gehören. Dieser Unterschied hängt vor

Allem von der Beschaffenheit des zum Grunde liegenden Knochenknorpels und der zahlreichen in ihm vorhandenen Kalksalze ab.

§. 60. Der Wassergehalt trägt zur Kleinheit des Elasticitätscoefficienten der thierischen Weichgebilde wesentlich bei. Die frische Sehne des langen Beugers der großen Zehe hatte z. B. 128,39. War sie an der Luft eingetrocknet, so ergab sich 186,85.

§. 61. Da sich die meisten, wo nicht alle Theile unseres Körpers unter den gewöhnlichen Verhältnissen nicht bis zu ihrer doppelten Länge auszudehnen brauchen, so fällt auch die Grenze der vollkommenen Elasticität selbst in sehr elastischen Geweben kleiner als der Elasticitätscoefficient aus. Dieser stand aber der Cohäsionsgröße wenigstens in den oben erwähnten Querriemen des Aortenbogens des Rindes nach. Die Schlagaderwände dehnen sich ihres geringen Elasticitätsmodulus wegen schon unter kleinen Belastungen leicht aus und kommen nach der Entfernung derselben zu ihrer früheren Größe schnell zurück. Wir werden sehen, daß sie diese Eigenschaft für ihre Thätigkeit nöthiger hatten, als eine außerordentliche Weite ihrer vollkommenen Elasticitätsgrenze.

Während die Wirkung der Blutgefäße einen hohen Grad elastischer Ausdehnung und Rückwirkung forderte, mußten die Sehnen umgekehrt, trotz der bedeutenden Zugkräfte, denen sie ausgesetzt werden, wie feste Stricke möglichst wenig nachgeben. Sie haben daher auch 163,41 als durchschnittlichen Elasticitätscoefficienten, während der der Nerven, der ihnen unter den oben angeführten Geweben am Nächsten steht, nur 20,60 ausmacht.

§. 62. Die Knochen können deutlich zeigen, welche Vortheile der mechanischen Beziehungen eine zweckmäßige Massenvertheilung darzubieten im Stande ist. Wir haben §. 37. gesehen, daß sie eine größere Eigenschwere, als irgend ein Weichgebilde besitzen. Hätte ihre Substanz den ganzen Raum, den sie einnehmen, ausgefüllt, so wäre das Gewicht des Skelettes ohne Zweck vergrößert und der Gang eines großen Theiles des thierischen Räderwerkes erschwert worden. Die Natur beschützt daher die freier liegenden Oberflächen mit dichterer Rindenmasse und verlegt das Mark, dessen Hohlräume leichtere Verbindungen enthalten, in das Innere der Skeletttheile. Sie spart hierdurch an Masse, an Gewicht und an Muskelkraft. Sie erlangt aber zugleich günstigere mechanische Beziehungen. Massenvertheilung

§. 63. Denken wir uns, dieselbe Massenmenge würde in einem Falle zu einem vollkommen dichten und in einem anderen zu einem hohlen Cylinder verarbeitet, so muß dieser eine größere Oberfläche darbieten. Die Anwesenheit der Markräume der Knochen führt daher von vorn herein zu ausgedehnteren freien Flächen, die andere Gebilde einschließen oder eine größere Menge von Ansatzpunkten den Muskeln, den Sehnen und den Bändern gewähren können. Sie liefert aber zugleich günstigere Bedingungen für mehrere Festigkeitsverhältnisse, die für die gewöhnlichen oder für einzelne Ausnahmsfälle in Betracht kommen.

Rückwirkende und relative Festigkeit.

§. 64. Die rückwirkende Festigkeit macht sich da, wo ein aufgestellter Körper oben belastet wird, die relative dagegen dann, wenn ein Gewicht eine wagerecht eingeklemmte Masse zu biegen sucht, geltend. Beide fallen in einem Cylinder, der durch und durch solid ist, ungünstiger aus, als in einem zweiten hohlen, der die gleiche Menge fester Masse und nicht zu dünne Wände besitzt. Es ergiebt sich von selbst, daß die Vertheilung der Knochenhöhlen wesentliche Erleichterungen auch in dieser Hinsicht verschaffen kann.

Die passende Mischung von Knochenknorpel und Kalksalzen, von dichter und schwammigter Masse, von runden und eckigen Gestalten, von gleichförmig fortlaufenden Abschnitten und mannigfachen Erhebungen oder Vertiefungen, Anschwellungen oder Fortsätzen macht zwar die Skeletttheile zu so vollkommenen härteren Grundlagen, Schutzgebilden und Hebeln, wie sie der Mensch künstlich nie nachahmen könnte. Die Natur selbst war aber nicht im Stande, diese Vorzüge unter allen Verhältnissen herzustellen und die Knochen in dem gleichen Grade, wie viele Weichtheile, gegen ungewöhnliche Eingriffe sicher zu stellen. Eine unpassende Entwickelung, wie sie z. B. die englische Krankheit bedingt, erzeugt Verbiegungen, vorzüglich der stark belasteten Skeletttheile, der Wirbelsäule, des Beckens oder der längeren Röhrenknochen der unteren Extremitäten. Es werden manche der den übrigen Lebenszwecken entsprechenden Formen gar nicht oder nicht vollkommen genug hergestellt. Die Knochenerweichung führt zu den auffallendsten Verkrümmungen und zu Knochenbrüchen bei den geringsten Gelegenheitsursachen. Lagern sich in höheren Jahren zu viel Kalksalze ab, so fallen die Knochen spröder, als sie sollten, aus. Ihr Blutreichthum und ihre chemische Mischung bedingen es, daß die eiterige Zerstörung sie weit leichter, als manche andere Gebilde, wie die dichten Hornmassen, die Knorpel oder die Sehnen, angreift. Die einzelnen Skeletttheile besitzen schon an und für sich ungleiche Widerstandskräfte im gesunden Zustande. Manche von ihnen wie das Schlüsselbein, die Röhrenknochen der Rumpf- und der Mittelglieder der Extremitäten, brechen häufiger. Andere, wie die schwammigten Wirbelkörper, die Hand- und die Fußwurzelknochen, werden öfter von Knochenfraß heimgesucht, und noch andere, wie die Nasen- und die Gaumenknochen, von syphilitischen Entartungen angegriffen. Die Epiphysen und die Diaphysen der gesunden Röhrenknochen sind so locker zusammengefügt, daß z. B. das an seinem oberen Ende aufgehängte und unten belastete Wadenbein unter einem geringeren Zuggewicht, als der Cohäsionsgröße seiner dichten Masse entspricht, an einer jener Vereinigungsstellen losreißt.

§. 65. Die Ansatzstellen mancher Weichgebilde führen zu einer ähnlichen Erscheinung. Sehr starke Sehnen, wie die Achillessehne, oder dicke Bänder, wie das große Verstärkungsband des Hüftgelenkes, geben nicht selten in der Leiche ihren Zusammenhang mit den Knochen eher auf, als der ihrer eigenen Substanz gestört wird.

§. 66. Das Product der Masse und des Quadrates der Geschwindigkeit liefert das Maaß der lebendigen Kraft eines in Bewegung begriffenen Körpers. Diese Größe fällt also 100 Mal so stark aus, wenn die Schnelligkeit nur um das Zehnfache gewachsen ist. Schlagen zwei Kugeln von gleicher Masse in den gleichen Gegenstand ein, während die eine mit einer 4 Mal so großen Schnelligkeit anlangt, so wird sie auch 16 Mal tiefer vordringen. Da sich die Fallräume wie die Quadrate der Endgeschwindigkeiten verhalten, so muß ein Körper um so stärker verletzen, je höher er herabstürzt. Das Hämmern, das Einrammen und viele andere technische Vorrichtungen beruhen vor Allem darauf, daß man durch die Vermehrung der Endgeschwindigkeit an lebendiger Kraft zu gewinnen sucht. Fällt z. B. eine Masse, deren Schwere als Einheit zum Grunde gelegt wird, mit einer Secundenschnelligkeit von 1,73 Meter nieder, so gleicht ihre Gewalt 15,145 jener Gewichtseinheit. Ein Hammer, der an und für sich nur 1/4 Kilogr. wiegt, wird hiernach 334 Kilogr. Druck liefern, wenn ihn ein Mensch mit einer Endgeschwindigkeit von 16 1/4 Meter aufschlägt. Lebendige Kraft.

Wir müssen deshalb vor Allem die Schnelligkeit oder den gewonnenen Druck der Körper, die einen Menschen verletzen, in Betracht ziehen. Der Widerstand der einzelnen Gebilde wechselt aber hierbei in hohem Grade. Eine kleine in die Weichgebilde eingedrungene Kugel geht nicht selten um die Rippen herum, weil ihr die zur Zersplitterung der Knochen nöthige lebendige Kraft von Anfang an oder im Laufe ihres Fortschrittes mangelt. Ist die Knochenmasse gebrochen worden, so übt die Geschwindigkeit der mechanischen Einwirkung einen wesentlichen Einfluß auf die Art und die Ausdehnung der Splitterung aus. Da die relative Festigkeit mit der Vergrößerung der Länge und der Verkleinerung der Dicke abnimmt, so erklärt es sich, weshalb die langen und schmalen Röhrenknochen und die breiten und dünnen platten Knochen, vorzüglich wenn sie eine sprödere Rinde besitzen, der Gefahr des Bruches am Ehesten ausgesetzt sind. Es kann daher z. B. an den Extremitäten vorkommen, daß diese Skeletttheile, nicht aber die sie umschließenden Weichgebilde ihren Zusammenhang aufgeben.

§. 67. Die Gase und die Dämpfe haben das Bestreben, sich möglichst auszudehnen oder ihren Rauminhalt nur in dem Maaße, als es die auf ihnen lastenden Druckkräfte fodern, einzuengen. Das Vermögen, das Volumen den Lastgewichten entsprechend zu ändern, heißt in der Regel die Compressionselasticität, obgleich die eigentliche Elasticität streng genommen nur den festen Körpern zukommt. Compressionselasticität.

§. 68. Das Mariotte'sche Gesetz lehrt, daß sich die Volumina der Gase und der Dämpfe umgekehrt wie die auf ihnen lastenden Gewichte verhalten. Eine Gasmasse, die 1000 Cubikcentimeter unter dem Drucke einer Atmosphäre oder bei 760 Millimeter Barometerstand einnimmt, hat einen halben Liter bei 1,52 Meter und 2 Liter bei 380 Mm. Regnault hat zwar nachgewiesen, daß manche Wärmegrade und ein- Mariotte'sches Gesetz.

zelne Druckgrößen Ausnahmen von jener früher allgemein angenommenen Norm herbeiführen. Diese Abweichungen berühren aber die physiologischen mit den Verhältnissen der Gase in Beziehung stehenden Erscheinungen in keinem merklichen Grade. Es werden daher die Luftarten, die unser Körper einschließt, ihre Volumina oder ihre Gewichte nach Maaßgabe des Barometerstandes ändern.

Compressionselasticität der Körpertheile. §. 69. Die tropfbaren Flüssigkeiten besitzen eine sehr unbedeutende Compressionselasticität. Befindet sich das Wasser in dem Zustande seiner größten Dichtigkeit, d. h. hat es eine Wärme von 3°,75 C., so verliert es nur den 47milliontesten Theil seines Umfanges, wenn sich der Druck, der auf ihm lastet, um den einer ganzen Atmosphäre oder um 760 Mm. Quecksilberhöhe verstärkt. Die mit Flüssigkeiten durchtränkten Theile unseres Körpers liefern wahrscheinlich noch geringere Werthe. Man kann daher ohne Fehler annehmen, daß äußere oder innere Druckkräfte den Rauminhalt derselben so gut als gar nicht ändern, es sei denn, daß Durchtränkungsflüssigkeit hervorgepreßt oder nach anderen Orten hin verdrängt worden.

Nachgiebigkeit. §. 70. Man muß die Abnahme des Volumens von dem äußeren Formenwechsel wohl unterscheiden. So sehr unsere Körpergewebe jener widerstehen können, so leicht schwanken die Gestalten vorzüglich derjenigen Gebilde, welche kleine Elasticitätscoefficienten besitzen, unter den Einflüssen des Druckwechsels. Die Natur benutzt sogar diese Verhältnisse zu manchen nicht unwesentlichen Nebenerscheinungen.

Die Blutkörperchen der Frösche (Taf. II. Fig. XXIII. *a b*) besitzen größere Längen- und kleinere Querdurchmesser. Diese übertreffen aber noch die Breite von einzelnen der feinsten Blutgefäße. Wie sich eine elastische Billardkugel bei dem Anprallen abplattet und ihre frühere runde Form bei dem Rücksprunge wieder gewinnt, so verlängerten sich auch jene Blutkörperchen, sobald sie die Stromkraft des Blutes in die schmalsten Haargefäße einzwängt. Der Uebertritt in breitere Räume macht ihnen die Rückkehr zu ihrer früheren Gestalt möglich. Wir werden in der Folge sehen, daß die Flüssigkeiten an dem Umkreise feiner Röhren mit größerer Zähigkeit haften bleiben. Die Ernährungsverhältnisse fodern aber einen Wechsel aller Inhaltsmassen der Haargefäße. Die durch die dünnsten Capillaren hin und wieder durchgezwängten Blutkörperchen können daher die zäher anhaftenden peripherischen Flüssigkeitsschichten verdrängen und gewissermaaßen losstreifen.

Verschiebbarkeit. §. 71. Die große Verschiebbarkeit der einzelnen Theilchen bildet ein Hauptmerkmal der flüssigen Verbindungen. Ein Druck, der ihre Masse in einem Punkte trifft, pflanzt sich daher nach allen Richtungen hin gleichförmig fort. Füllen wir eine elastische Blase mit einer Flüssigkeit vollständig aus, so giebt sie äußeren mechanischen Einwirkungen nach Maaßgabe ihres Widerstandsvermögens nach und kehrt später, wenn sie vollkommen elastisch geblieben, zu ihrer früheren Form vollständig zurück. Die Natur hat diesen Umstand benutzt, um die Fettablagerun-

gen unseres Körpers als zweckmäßige Polster wirken zu lassen. Tausende kleiner Blasen, die von elastischen Wänden umgrenzt werden, führen Oelmassen, welche bei der Wärme des lebenden Menschen noch nicht erstarren (Taf. II. Fig. XXVII.). Der Druck eines Körpers, der eine ausgedehntere Berührungsfläche besitzt, vertheilt sich daher auf eine große Menge einzelner elastischer Zellen, deren mit Bindgewebe und Ernährungsflüssigkeit gefüllte Zwischenräume das Ausweichen möglich machen.

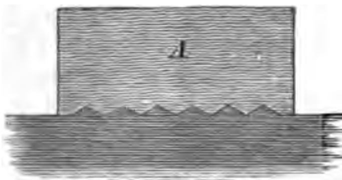
§. 72. Nachgiebige Festgebilde mildern den Druck, der von Außen her einwirkt. Die Hornzellen der Oberhaut ersparen uns auf diese Weise viele Schmerzen, denen wir sonst bei jedem Schritte ausgesetzt wären. Die Fußsohle, welche die ganze Körperlast tragen muß, besitzt deshalb auch die zahlreichsten Oberhautblättchen, vorzüglich an den Stellen, die bei dem Stehen und Gehen an den Boden gepreßt werden.

§. 73. Wirkt eine Druckkraft anhaltend und langsam ein, so dehnen sich die getroffenen Theile, so sehr es ihre Cohäsion irgend erlaubt, aus. Die krankhaften Veränderungen, denen die verschiedenen Theile unterworfen sind, können die auffallendsten Beispiele in dieser Beziehung darbieten. Die Haut, die Nerven und selbst die Knochenmasse werden hierbei nicht selten auf das Beträchtlichste ausgezogen. Wachsthumsverhältnisse und physikalische Eigenschaften unterstützen sich in der Regel, um jene bedeutenderen Erfolge nach sich zu ziehen. Die Hautdecken umhüllen dann die umfangreichsten Geschwülste. Einzelne Knochenstücke, wie die Epi- oder die Diaphysen der Röhrenknochen können sich in große Blasen umwandeln. Ist die Ursache, welche die Dehnung bewirkte, beseitigt worden, so kehren oft den früheren ähnliche Formverhältnisse binnen Kurzem wieder. Dehnbarkeit.

§. 74. Es ereignet sich hin und wieder, daß die Natur die Dehnung so weit kommen läßt, daß sie den Cohäsionswiderstand völlig überwindet und die Theile an der nachgiebigsten Stelle einreißen. Der Follikel des Eierstockes der Säugethiere nimmt so lange fremde Massen auf, bis er endlich an seiner dünnsten Stelle berstet. Es tritt das in ihm enthaltene Eichen frei hervor. Ist es auch vorläufig noch unentschieden, ob hier nur physikalische Verhältnisse oder auch Wachsthumserscheinungen eingreifen, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß jene allein unter krankhaften Verhältnissen zu dem gleichen Ziele führen. Die Pulsadergeschwülste bersten nicht selten nur deshalb, weil eine immer größere Menge von Inhaltskörpern den Sack selbst über die Grenze seines Cohäsionswerthes ausdehnt.

§. 75. Kein Körper besitzt vollkommen gleichförmige Oberflächen. Betrachtet man die scheinbar glatteste feste Masse unter stärkeren Vergrößerungen, so entdeckt man immer gewisse Unebenheiten, Erhabenheiten und Vertiefungen, die ungleichförmig vertheilt zu sein pflegen. Stellen wir uns die Sache in gröberem Maaßstabe vor, so wird ein fester Körper *A*, Fig. 3 (siehe auf folgender Seite), in die Vertiefungen einer anderen Masse, gegen die er von seiner eigenen Last oder von Reibungscoefficient.

Fig. 3



fremden Kräften angedrückt wird, mit seinen Hervorragungen eingreifen. Soll er in wagerechter Richtung fortbewegt werden, so muß er den Unebenheiten entsprechend emporgehoben und niedergesenkt oder an seiner Berührungsfläche verletzt werden. Jede dieser beiden Grundbedingungen fodert einen gewissen Kraftaufwand, den man mit dem Namen des Coefficienten der gleitenden Reibung bezeichnet. Der absolute Werth desselben wächst in gleichem Verhältniß zur Schwere von *A*. Die Größe der berührenden Oberfläche dagegen kann ihn nicht verändern. Wenn man daher sagt, daß Eisen auf Kupfer einen Reibungscoefficienten von 0,170 besitzt, so heißt dieses, daß ein Eisenwürfel, der auf einer Kupferplatte fortgestoßen werden soll, 170 Grm. Kraftaufwand für jedes Kilogramm Eisen nöthig hat. Es ist aber gleichgültig, ob die Schleiffläche 10 oder 100 Quadratcentimeter beträgt.

Wenn ein runder Körper über eine Unterlage hinwegrollt, so bestimmt der Coefficient der wälzenden Reibung, wie viel Kraft aus den eben angeführten Gründen verloren geht. Dieser Werth ist unter sonst gleichen Bedingungen kleiner, als der Coefficient der früher erwähnten Ortsveränderung.

§. 76. Wie die Reibung ein Hinderniß der Fortbewegung bildet, so kann sie auch die Stabilität eines Körpers befördern. Während ihn sonst der geringste Anstoß bei völligem Mangel an Reibung verrücken würde, wirkt diese jetzt als eine Art von Gegengewicht, dessen Beseitigung die Ortsveränderung möglich macht. Wir finden in der That, daß die Natur beiderlei Beziehungen in den verschiedenen Organtheilen zu Hilfe zieht.

§. 77. Die unteren Zellenlagen der Oberhaut (Taf. II. Fig. XXXII.) hängen inniger und gleichförmiger zusammen. Die obersten, am Stärksten verhornten Zellen dagegen sind lockerer verbunden. Sie schilfern sich auch fortwährend los. Es hat daher die Fußsohle eine sehr ungleiche Oberfläche, die bei dem Stehen mit nackten Füßen wesentlich nützen kann. Der Einfluß, den die Glätte oder die Rauhigkeit der Fußbedeckung ausübt, macht sich täglich häufig geltend. Ein Mensch, der neu besohlte oder mit glatten Eisenstücken versehene Stiefel trägt, gleitet eher aus. Filzschuhe verhüten das Fallen auf gleichförmigen Eisflächen, wenn andere minder unebene und weniger nachgiebige Fußbekleidungen Gefahren bereiten.

§. 78. Viele innere Theile müssen an anderen hin und wieder fortgeschoben werden. Die Bewegungen des Gehirns und des Rückenmarkes, des Herzens, der Lungen, der Bauch- und der Beckeneingeweide, der Gelenkstücke und der Sehnen führen zu den mannigfachsten Verhältnissen der gleitenden und der wälzenden Reibung. Die Natur hat aber mehrere Mittel verbunden, um die Coefficienten des hierdurch bedingten Kraftverlustes möglichst herabzusetzen.

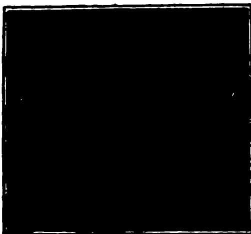
§. 79. Man bedient sich in der Technik der sogenannten Schmiermittel, um die Reibungshindernisse zu beseitigen. Man schaltet zähflüssige Massen, die natürlich besser, als das leichtflüssige Wasser wirken, zwischen den Berührungsoberflächen ein. Sie füllen die wechselseitigen Vertiefungen mehr oder minder aus, erzeugen hierdurch eine größere Glätte und Verschiebbarkeit und vermindern auf diese Weise nicht nur die Reibung, sondern auch noch die Abnutzung der fester dahingleitenden Körpermassen. Rückt z. B. Eichenholz auf Eichenholz fort, so beträgt der Reibungscoefficient 0,48 bis 0,34, je nachdem die Bewegung in der Richtung der Fasern oder senkrecht auf ihnen vor sich geht. Befindet sich Wasser dazwischen, so sinkt er schon von 0,34 auf 0,25. Seife dagegen bringt ihn von 0,48 auf 0,16 herab. Gußeisen auf Eichenholz hat trocken 0,49 und nur 0,078, wenn man Schweinefett oder Oel als Schmiermittel benutzt. Schmiermittel.

§. 80. Vergleicht man hiermit unsere Körperorgane, so findet man zunächst, daß die Oberflächen derselben durchschnittlich glatter, als viele polirte Maschinenstücke ausfallen. Die Natur braucht überdies eiweiß- und schleimreiche Flüssigkeiten als Schmiermittel. Diese bleiben an den Oberflächen leicht haften und setzen einen nur geringen Widerstand der Verschiebung entgegen. Der Inhalt der serösen Säcke, der Schleimbeutel und die Gelenkschmiere vermindern daher die Reibungshindernisse in hohem Grade.

§. 81. Der tropfbar flüssige Zustand entsteht wahrscheinlich dadurch, daß sich die Cohäsion und der Druck, d. h. die beiden Kräfte, welche die Molecüle in größerer wechselseitiger Nähe zusammenhalten, mit denen der Wärme oder der anderen abstoßenden Wirkungen nahebei das Gleichgewicht halten. Die einzelnen Theilchen verschieben sich daher mit großer Leichtigkeit. Stellen sich hinreichende Widerstände dem Ausweichen entgegen, so verbreitet sich ein Druck, der in einer Richtung kommt, nach allen Richtungen hin. Die Hauptlehren der Ruhe und der Bewegung der Flüssigkeiten fußen auf diesen Grundlagen. Druck der Flüssigkeiten.

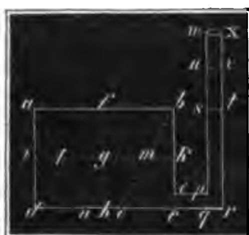
Wir wollen uns einen mit unnachgiebigen Wänden versehenen Behälter, den wir uns vorläufig in *ce*, Fig. 4, geschlossen denken, unter *abcd* vorstellen. Er sei in *ab* offen und mit Wasser bis zu dieser Höhe angefüllt. Der beliebig dünne und in der Schwererichtung, nämlich senkrecht herabgehende Flüssigkeitsfaden *fg* drückt mit einer Kraft, die seiner Länge und seiner Eigenschwere entspricht. Da sich aber der von *g* durchgehende Druck nach allen Richtungen gleichförmig verbreitet, so werden alle in dem Querschnitte *ik* befindlichen Wassermolecüle denselben Druck auszuhalten haben. Verlängert sich *fg* zu *fh*, so verstärkt sich der auf dem Querschnitt *dc* lastende Druck in gleichem Maaße. Man sieht leicht, daß hier die

Fig. 4.



Größe des Querschnittes nicht in Betracht kommt. Der hydrostatische Druck einer im Gleichgewicht der Ruhe befindlichen Flüssigkeit hängt daher einzig und allein von der Druckhöhe ab, d. h. von der senkrechten der Schwererichtung entsprechenden Linie, die man von dem Spiegel nach der Unterfläche der Flüssigkeit ziehen kann.

Fig. 4.



Nehmen wir an, das Gefäß *abcd* verwandele sich in *abon*, so wird dieses für die hydrostatische Druckgröße gleichgültig sein, weil die Höhe *fh* dieselbe geblieben ist. Bestände es nur aus *almb*, so hätte es nur die Druckhöhe *fg*, folglich eben so viel als *aikb*, aber weniger als *adcb* oder *anob*. Der hydrostatische Bodendruck ist mit einem Worte von der Form des Gefäßes unabhängig.

Stellen wir uns nun vor, *abcd* sei durch *epqc* mit dem offenen längeren Seitenrohr *qwxr* verbunden und die Flüssigkeit beider zu den gleichen Höhen *ab* und *st* aufgeschichtet, so wird sie sich überall in dem Gleichgewicht der Ruhe befinden. Da die Druckhöhen *ad* und *tr* dieselben Längen haben, so lastet der gleiche hydrostatische Druck auf dem ganzen Querschnitt *dr*. Dieses wiederholt sich aber für alle parallele Querschnitte bis *ab* und *st*.

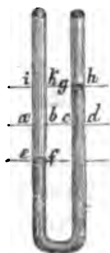
Gesetzt, es würde nun *ab* durch eine feste Wand verschlossen und die in *qwxr* befindliche Flüssigkeit durch neuen Zufluß so sehr vermehrt, daß ihr Spiegel in *uv* steht, so wird die überschüssige Druckhöhe *vt* nicht bloß *qstr*, sondern auch *abcd* belasten. *ab* muß dieses Mehr des Druckes eben so gut, als *st* aushalten. Da die Wirkung von den Querschnitten unabhängig ist, so kann man die durchgreifendsten Veränderungen in einem großen geschlossenen Flüssigkeitsbehälter durch eine schmale Nebensäule hervorrufen.

Werth der hydrostatischen Druckhöhe.

§. 82. Wir haben oben gesehen, daß die hydrostatische Druckhöhe nicht bloß von der Länge, sondern auch von der Eigenschwere des Flüssigkeitsfadens abhängt. Ein Körper, dessen specifisches Gewicht doppelt so hoch ist, wird auch eine zwei Mal so große hydrostatische Druckhöhe liefern. Die Einrichtung der Barometer und der Manometer fußt auf dieser Erscheinung. Ihr Einfluß kehrt auch in der Säftebewegung der Thiere mehrfach wieder.

§. 83. Füllen wir eine vollkommen cylindrische und senkrecht aufgestellte Röhre mit derselben Flüssigkeit, so wird sie sich in der Ruhe in hydrostatischem Gleichgewichte befinden, d. h. die beiden Spiegel, von denen z. B. der eine in *ef* liegt, müssen in derselben wagerechten Ebene dahingehen. Gießen wir eine dem Cylinder *ikfe* entsprechende Menge der gleichen Flüssigkeit nach, so wird sich das Gleichgewicht binnen Kurzem von Neuem herstellen. Die beiden Spiegel sind dann *ab* und *cd*. Die Flüssigkeit ist in jedem Schenkel um die Säule *abfe*, oder die Hälfte der zugegossenen Menge

Fig. 5.



efki vergrößert worden. Hätten wir dagegen eben so viel von einer anderen, doppelt so leichten Flüssigkeit aufgeschichtet, so würde sie die Säule des zweiten Schenkels nur um die Hälfte der Höhe emporgetrieben haben.

§. 84. Die atmosphärische Luft, wie sie unter dem am Meeresspiegel vorhandenen Drucke und bei 0° C. beschaffen ist, hat eine 10467,45 Mal geringere Eigenschwere, als das Quecksilber. Es wird daher eine Druckhöhe von 10,46745 Meter Luft einer solchen von 1 Mm. Quecksilber entsprechen. Nimmt man dieses als Anzeige-Flüssigkeit, so kann man eine Röhre, deren Inhalt den Druck der Atmosphäre angeben soll, um das 10467fache kürzer machen. Barometerdruck.

§. 85. Wollte man ein an beiden Seiten offenes Rohr wählen, so würde die Luft auf *ab* und *cd*, Fig. 5., mit gleicher Kraft drücken. Das Quecksilber würde auf gleicher Höhe in beiden Röhrenschenkeln stehen bleiben. Die Wirkung des Luftdruckes könnte auf diese Weise nicht gemessen werden. Soll dieses geschehen, so muß ein luftleerer Raum, die sogenannte Toricellische Leere über der Anzeige-Flüssigkeit vorhanden sein. Der Luftdruck treibt sie dann auf eine Höhe, die ihm selbst das Gleichgewicht hält.

Fig. 6., welche die Einrichtung des Gefäßbarometers schematisch darstellt, kann uns dieses näher versinnlichen. Die Atmosphäre drückt auf den Quecksilberspiegel *ab*. Da aber keine Luft bei *s* entgegendrückt, so hält sich die Quecksilbersäule auf einem Höhenüberschuß, *s* bis *ab*, der dem äußeren Luftdrucke gleichkommt. Dasselbe ist in dem gewöhnlichen Barometer Fig. 7 der Fall. Die wagerechte durch den Quecksilberspiegel des kürzeren Schenkels gelegte Ebene entspricht hier der Grundfläche der den Luftdruck anzeigenden Steigsäule des Quecksilbers. Sie gleicht also *ab* Fig. 6.

Fig. 6. Fig. 7.



Erhebt sich *s*, Fig. 6, auf 760 Mm., wenn man den Barometerstand in einem am Meeresspiegel gelegenen Orte beobachtet, so entspricht dieses einer Druckhöhe von 7955,2 Meter atmosphärischer Luft, wie diese an jenem Orte und bei 0° C. beschaffen ist, nicht aber, wie sie unter geringeren Belastungen oder unter höheren Wärmegraden wirken würde. 0,760 Meter Quecksilber gleichen aber in dieser Beziehung, 10,335 Meter Wasser.

§. 86. Ein Manometer, Fig. 8 (s. folg. Seite), das den Druck oder die Stromkraft einer Flüssigkeit verrathen soll, besteht aus einer passend gekrümmten, beiderseits offenen und senkrecht befestigten Röhre *abc*, in der eine Anzeige-Flüssigkeit im Gleichgewichtszustande z. B. bis 0 in *b* und *c* aufgeschichtet ist. Wir wollen der Einfachheit wegen annehmen, Manometer.

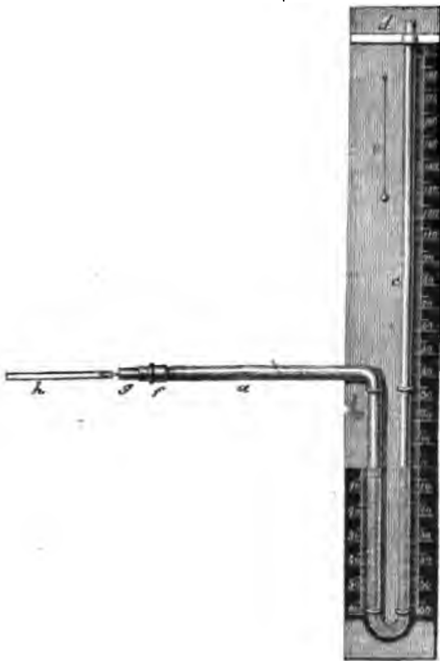


Fig. 8.

daß *b* und *c* die gleiche Weite überall besitzen. Lassen wir eine andere Flüssigkeit von *b* aus auf die bei 0° in ihr befindliche Anzeige-Flüssigkeit drükken, so wird diese z. B. hier auf 30° heruntergehen und bis 30° in *c* emporsteigen. Sollte aber die in *c* stattfindende Erhebung von 30° ohne jenen Prüfungsdruck im Gleichgewicht erhalten werden, so müßte auch *b* eben soviel Anzeige-Flüssigkeit einschließen, daß diese nicht 30° unter, sondern 30° über 0° ausmachte. Der untersuchte Druck beträgt daher 60° oder 2 Mal 30° d. h. die Größe, um welche die Anzeige-Flüssigkeit einer vollkommen gleichförmigen Manometerröhre in dem einen Schenkel sinkt oder in dem anderen steigt, bildet die Hälfte der Druckhöhe, über die der Versuch belehren soll.

Das Fig. 8 abgebildete Hämadynamometer oder der Blutkraftmesser ist eine solche Vorrichtung, die von der Stromkraft des Blutes Rechenschaft giebt und das Pneumatometer ein ähnlicher Apparat, der die Größen des Spannungswechsels der Luft bei dem Athmen anzeigt. Finden wir z. am Blutkraftmesser, daß das Blut der Carotis des Hundes den einen Schenkel der Quecksilbersäule um 80 Mm. heruntertreibt, so ergiebt sich, daß die Stromkraft 160 Mm. Quecksilber beträgt. Wasser würde einen 13,598 Mal so großen Ausschlag liefern. Wir werden daher diese Flüssigkeit vorziehen, wenn sehr geringe Druckgrößen, wie z. B. die Stromkraft des in den größten Venenstämmen fließenden Blutes geprüft werden sollen.

§. 87. Will man die mittelst einer Anzeige-Flüssigkeit gewonnenen Druckwerthe auf die für eine zweite Flüssigkeit gültigen Größen zurückführen, so braucht man nur die Zahlen mit dem Quotienten der Eigenschwere des ersten und des zweiten Fluidum zu vervielfältigen. 160 Mm. Quecksilberdruck geben dann z. B. 2,176 Meter Wasserdruck. Nehmen wir die mittlere Eigenschwere des Blutes zu 1,06 an, so entspricht

1 Mm. Quecksilber 12,828 Mm. und 1 Mm. Wasser 0,9434 Mm. Blutdruck.

§. 88. Da jeder Flüssigkeitsfaden mit einer seiner Druckhöhe entsprechenden Kraft auf jeden Punkt der Bodenfläche einwirkt, so werden wir den absoluten oder den Gesammtdruck, den diese auszuhalten hat, finden, wenn wir die Oberfläche derselben mit der Druckhöhe vervielfältigen und den so gefundenen Rauminhalt auf das Gewicht der Flüssigkeit, in der die Druckhöhe angegeben worden, zurückführen. Jeder Punkt einer Unterlage von 1 Quadratcentimeter Oberfläche, die mit der Atmosphäre unter dem Drucke des Meeresspiegels und bei 0° C. belastet ist, hat 76 Centimeter zu tragen. Wir haben also einen Gesammtwerth von 76 Cubikcentimeter Quecksilber. Da nun 1 C. C. Wasser 1 Grm. und daher 1 C. C. Quecksilber 13,598 Grm. wiegt, so ist jeder dem Luftdrucke am Meeresspiegel ausgesetzte Quadratcentimeter mit 1033,45 Grm. belastet. Absoluter Druck der Flüssigkeiten.

§. 89. Die Außenfläche meines 1,6 Meter langen und 54 Kilogr. schweren Körpers beträgt ungefähr 1,5 Quadratmeter. Die Atmosphäre drückt daher auf sie mit einem Gesammtgewichte von 15501,75 Kilogr. oder mit dem 287fachen der Körperschwere. Quetelet [3]) nimmt an, daß die äußere Oberfläche eines sehr großen Mannes, dessen Länge 1,73 Meter und dessen Gewicht 76 Kilogr. gleicht, 1,645 Quadratmeter ausmacht. Die Gesammtbelastung wäre hiernach 17000 Kilogr. oder das 224fache des Körpergewichtes. Auf dem Menschen lastender Luftdruck.

§. 90. Diese beträchtlichen Druckwerthe können nicht befremden, weil nicht bloß wir, sondern auch alle uns umgebenden Massen eben so große Lasten zu tragen haben und diese allein deren Cohäsionsgrade möglich machen. Eine nähere Prüfung der Erscheinungen kann uns aber darlegen, wie sich hierbei unser Organismus und die einzelnen Theile desselben unter verschiedenen Nebenbedingungen verhalten müssen.

§. 91. Hat sich ein Luftgürtel zwischen der Erdrinde und dem luftleeren Raume des Weltalls eingeschaltet, so werden die tiefsten Schichten desselben am Meisten und die höchsten am Wenigsten belastet sein. Läßt man die Ausnahmen des Moriotte'schen Gesetzes (§. 68.) bei Seite, so muß die Atmosphäre um so dichter und schwerer ausfallen, je mehr sie von ihrer Masse zu tragen hat. Es wird daher der die Druckhöhen anzeigende Barometerstand von diesen Eigenschaften Rechenschaft geben. Man kann deshalb auch dieses Instrument zu Höhenmessungen d. h. zum Bestimmen der Erhebung eines Ortes über dem Meeresspiegel benutzen.

Liefert der Barometer 760 Mm. am Meeresspiegel, so nimmt die Höhe seiner Quecksilbersäule um 1 Mm. ab, wenn wir um 11,5 Meter unter sonst gleichen Verhältnissen senkrecht emporsteigen. Finde ich nun, daß der gleichzeitige Barometerstand in Bern 715,2 Mm. beträgt, so kann ich hieraus, abgesehen von den Nebencorrectionen, berechnen, daß dieser Ort 532 Meter höher, als der Meeresspiegel liegt. Es

wird also hier die Gesammtlast der Atmosphäre um etwas mehr als $1/_{17}$ geringer ausfallen. Sinkt der Barometer auf 430 M. auf der Spitze des Montblanc herab, so giebt dieses eine Belastung von wenig mehr als $2/_5$ des dem Meeresspiegel entsprechenden Werthes.

§. 92. Haben wir eine Glasglocke auf dem Teller der Luftpumpe vollkommen luftleer gemacht, so muß jeder Quadratcentimeter ihrer Wandung 1,033 Kilogr. Atmosphärendruck aushalten. Sie springt daher auch, so wie ihre Cohäsion dieser Belastung nicht gewachsen ist. Lassen wir aber wieder Atmosphäre in das Innere der Glocke hinein, so wird zwar die umgebende Luft die Wandungstheile von außen nach innen, die in der Glockenhöhle enthaltene Atmosphäre aber sie mit derselben Kraftgröße von innen nach außen drücken. Wir haben dasselbe Gleichgewicht wie in der Anzeige-Flüssigkeit eines Manometers, dessen beide Schenkel offen geblieben sind. (§. 86.)

Der menschliche Körper bietet ähnliche Verhältnisse dar. Die Atmosphärensäule lastet zwar einerseits auf seiner äußeren Oberfläche. Er besitzt aber andererseits viele innere, mit Luft gefüllte Hohlräume, deren Inhalt mit gleicher Kraft, wenn man von den Verhältnissen der Wärme und der Anfüllung mit Wasserdämpfen absieht, entgegendrückt. Wäre dieses nicht der Fall, so verhielte sich unser Organismus wie ein Barometer, dessen Anzeigesäule den Gesammtdruck der Atmosphäre tragen muß, oder wie eine Glasglocke, aus der wir die Luft ausgepumpt haben. Jene Anordnung dagegen führt zu dem Vergleiche mit einem Behälter, den Luftmassen von außen und von innen umspülen.

Wirkung des Luftdruckes auf die geschlossenen Körperhöhlen.

§. 93. Einzelne geschlossene und mit tropfbaren Flüssigkeiten gefüllte Hohlräume unseres Körpers sind so eingerichtet, daß der auf ihnen lastende Luftdruck als mechanische Kraft benutzt wird. Die Natur erlangt hierdurch mehrere später zu erwähnende Vortheile für die Bewegung der Lymphe und des Blutes, für das leichtere Dahingleiten der Sehnen und anderer ihre Orte wechselnden Organtheile. Die Verhältnisse der serösen Säcke und der Gelenke können uns anschaulich machen, wie die verschiedensten Erfolge auf diesem Wege erreicht werden.

Abwesenheit eines serösen Dunstes.

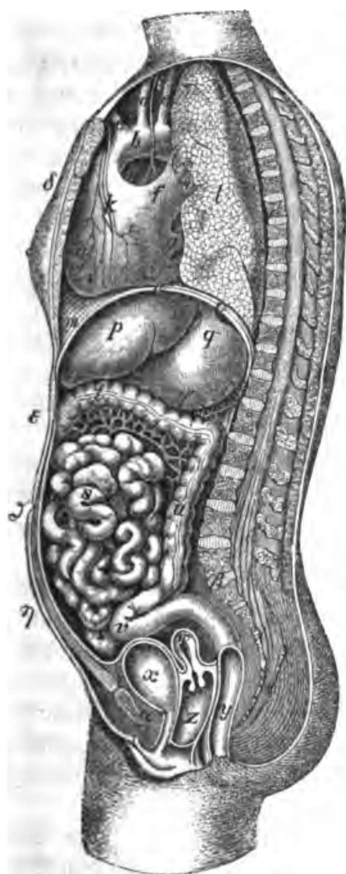
§. 94. $\varepsilon \zeta \eta$, Fig. 9 (s. f. S.), stellen die luftdicht schließenden Bauchwände dar. Eine Flüssigkeit, das Bauchwasser, befindet sich in der Höhle des Bauchfellsackes und zwar in allen Zwischenräumen, welche die Baucheingeweide übrig lassen. Der äußere Luftdruck, der auf den Bauchwandungen lastet, drängt alle Inhaltsmassen auf das Genaueste aus einander. Es kann daher ein ebenfalls unter dem Luftdrucke stehender Körper nur dann in den Magen $q\,r$ und den übrigen Nahrungscanal $s\,t\,u\,v$ eintreten, wenn er noch von einem Ueberschuß von Druckkraft getrieben wird. Wandert er weiter, so preßt der Luftdruck, der auf dem ganzen Behälter lastet und alle Theile an einander hält, die Wandungen der entleerten Stelle des Nahrungscanales zusammen. Verschieben sich die einzelnen Darmschlingen s, so wird die Bauchflüssigkeit leicht verdrängt und füllt die leer werdenden Zwischenräume aus. Geht

ein Theil des Inhaltes als Harn oder Koth fort, so preßt der äußere

Fig. 10.



Fig. 9.



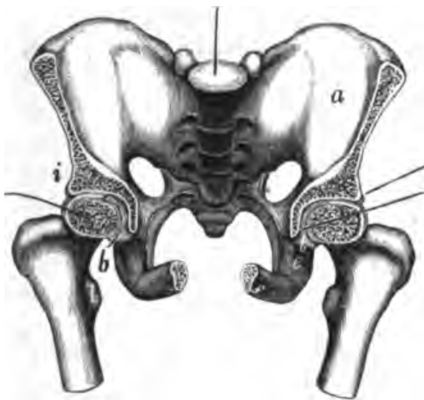
Luftdruck die entsprechenden Behälter zusammen. Er bedingt mit einem Worte, daß Alles auf das Engste paßt, daß aber der geringste Ueberschuß von Druckkraft den nöthigen Platz den ein- oder austretenden Stoffen verschaffen kann. Die gleiche allgemeine Einrichtung wiederholt sich in den übrigen serösen Säcken. Sie enthalten eine tropfbare Flüssigkeit, die alle durch die Bewegung, die Umfangs- oder die Ortsveränderung der Einzeltheile frei werdenden Räume auf der Stelle ausfüllt. Ein seröser Dunst ist dagegen nicht vorhanden.

§. 95. Fügt man die beiden Halbkugeln *a* und *b*, Fig. 10, zusammen, pumpt die von ihnen eingeschlossene Luft mit dem Seitenrohre *c* aus und hindert den Eintritt neuer Atmosphäre, indem man den an *c* befindlichen Hahn verschließt, so können *a* und *b* von keiner gewöhnlichen Kraft auseinander gerissen werden, sobald sie nur eine irgend größere Oberfläche besitzen. Da der Gegendruck innerer Luft fehlt, so hält sie der Atmosphärendruck mit einer Gewalt, die 1033,45 Grm. für jeden Quadratcentimeter Oberfläche gleicht, zusammengefügt. (§. 88.)

§. 96. Die Natur hat eine ähnliche Einrichtung in den Gelenken zum Nutzen der Muskeln angebracht. Die Gelenkkapseln bilden luftdicht schließende und mit etwas tropfbar flüssiger Gelenkschmiere gefüllte Behälter, welche die Gelenkstücke der Knochen wechselseitig verbinden. Da jede gegendrückende Luftmasse in ihrem Innern mangelt, so muß z. B. der Schenkelkopf *g*, Fig. 11 (s. f. S.), an der Pfanne mittelst des äußeren Luftdruckes eben so gut haften bleiben, als die Kugelhälfte *a*, Fig. 10, an *b*, so wie die innere Luft ausgepumpt wird. W. und Ed. Weber haben auch die Richtigkeit des Schlusses dadurch bewiesen, Luftleerer Raum der Gelenke.

daß das Oberschenkelstück *b* seiner Schwere nach aus der Pfanne herabfiel, als sie ein passendes Präparat unter die Glocke der Luftpumpe gebracht und jene luftleer gemacht hatten. Wurde wiederum Atmosphäre hineingelassen, so wurde auch *g* zu *c* von Neuem emporgeführt.

Fig. 11.



§. 97. Man sieht leicht, daß dieser Umstand eine genauere Einfügung der Gelenkenden, als die Gelenkkapseln und die Gelenkbänder allein bedingen könnten, zur Folge haben muß. Mangelte sie aber, so hätten überdies die Muskeln die Last des Schenkelgewichtes bei dem Aufheben des Beines tragen müssen. Der luftdichte Verschluß und der Mangel von Gasen und Dämpfen im Innern des Gelenkes befreien sie von dieser unnützen Beschwerung. Sie werden daher verhältnißmäßig weniger zu ermüden brauchen.

Entlastung der Muskeln auf höheren Bergen.

§. 98. Manche Reisende wollen bemerkt haben, daß der Mensch in größeren Höhen plötzlich matt wird, seine Schenkel mit mehr Beschwerde bewegt und endlich gar nicht mehr fortkommen kann oder wenigstens nach kürzeren Bahnstrecken ausruhen muß. Da der Luftdruck in höheren Gegenden beträchtlich abnimmt (§. 91.), so glaubte man, daß er dann nicht mehr das ganze Gewicht des Beines entlastete. Es müßten die Muskeln einen Theil desselben tragen. Die angebliche Ermüdung erkläre sich hieraus auf die einfachste Weise.

Gute, geübte Bergsteiger haben auf den höchsten europäischen Spitzen, wie dem Montblanc, dem Monte rosa, der Jungfrau und dem Schreckhorn von jenen Beschwerden Nichts gespürt. Die Anstrengungen, welche das Bergsteigen vorzüglich Ungeübteren verursacht, können manche Täuschung herbeiführen. Wäre dieses aber auch nicht der Fall, so ließe sich zeigen, daß die größte Höhe, welche ein Mensch bis jetzt erreicht hat, Luftdruck genug liefert, um das Gesammtgewicht unserer Extremitäten zu entlasten. Das Hüftgelenk bietet verhältnißmäßig die kleinste Gelenkfläche und der Schenkel das größte Beschwerungsgewicht dar. Kann man jene Thatsache für diese Gelenkverbindung beweisen, so ist die ganze Anschauungsweise für die einzelnen Abtheilungen des Armes und die übrigen Abschnitte des Beines ebenfalls widerlegt.

Gay Lussac stieg in einem Luftballon bis zu einer Höhe von 6979 Meter empor. Lassen wir alle Nebenverhältnisse bei Seite, so entspricht dieses einem Barometerstande von 341,8 Mm. Der mit den

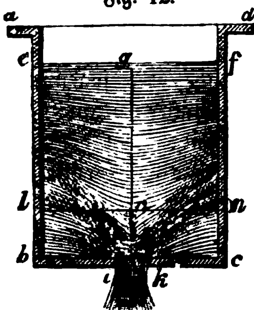
Gefäßmuskeln losgelöste Oberschenkel eines 67jährigen, durch einen Unglücksfall getödteten Arbeiters wog 8,4 Kilogr. Die auf das Hüftgeflecht wirkende Druckfläche glich 18,1 Quadr. Cent. Die durch den Luftdruck bewirkte Entlastung würde daher gerade noch 8,4 Kilogr. betragen haben.

Der rechte auf die gleiche Art abgetrennte Schenkel eines neugeborenen Knaben ergab 237 Grm. Gewicht und 1,767 Quadr. Cent. Druckfläche des Hüftgelenkes. Diese mußte daher noch mit 821,3 Grm. bei 341,8 Mm. Barometer wirken.

Ausflußgeschwindigkeit flüssiger Körper.

§. 99. Strömt eine Flüssigkeit aus der Oeffnung *ik*, Fig. 12, der Unterwand *bc* eines Behälters *abcd* hervor, so wird zunächst die Ausflußmenge von der Schnelligkeit, mit der sich jedes Molecül der Flüssigkeitsfäden, z. B. in *gh* fortbewegt, und der Menge von Fäden, die durch *ik* treten, abhängen. Die Ausflußgeschwindigkeit und die Größe der Ausflußöffnung sind daher die ersten Bedingungsglieder, die wir hier berücksichtigen müssen.

Fig. 12.



Theoretische und wirkliche Geschwindigkeit.

§. 100. Die Hydraulik unterscheidet zweierlei Arten von Geschwindigkeiten, die theoretische und die wirkliche. Man kann jene aus den Gesetzen der Anziehung der Körper oder der allgemeinen Schwere ohne Weiteres herleiten. Diese dagegen muß erst auf dem Wege der Erfahrung für jeden Einzelfall bestimmt werden. Die Theorie vermag nur gewisse Annäherungswerthe an die Hand zu geben.

§. 101. Wir wollen uns vorstellen, es werde oben eben so viel zugegossen, als unten abfließt. Der Flüssigkeitsspiegel *ef*, Fig. 12, oder die Druckhöhe *gh* blieben daher trotz des Abflusses unverändert. Hält man sich nur an die theoretische Ausflußgeschwindigkeit, so lautet das leicht zu beweisende Toricelli'sche Theorem, daß das Molecül *h* mit derselben Geschwindigkeit, die es bei dem freien Falle von *g* nach *h* erreicht haben würde, an der Ausflußöffnung anlangt. Die Druckhöhe *gh* bildet gleichsam den Fallraum. Da sich aber die Endgeschwindigkeiten der Massen, die von verschiedenen Höhen herunterkommen, wie die Quadratwurzeln der Fallräume verhalten, so ergiebt sich, daß die Schnelligkeit des Ausflusses mit den Quadratwurzeln der Druckhöhen ebenfalls wachsen muß. Würde der Versuch das eine Mal so angestellt, daß der Flüssigkeitsspiegel bis *ef*, und das zweite Mal so, daß er bis *lm* reicht, und verhielten sich *gh* zu *nh*, wie 4 zu 1, so würde *h* doppelt so schnell in dem ersteren, als in dem letzteren Falle hervorstürzen.

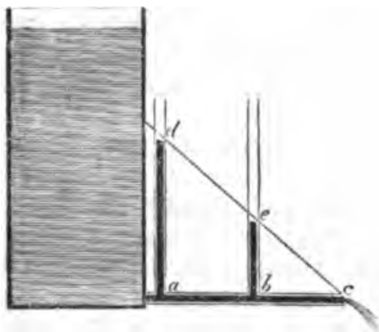
Geschwindigkeitshöhe.

§. 102. Man sieht leicht, daß die Druckhöhe *gh* oder *nh* die Schnelligkeit des Ausflusses wesentlich bestimmt. Man nennt sie daher auch die Geschwindigkeitshöhe einer strömenden Flüssigkeit. Jede andere Kraft, die eine flüssige Masse treibt, kann auf eine gewisse Geschwin-

digkeitshöhe zurückgeführt werden. Man braucht sie nur in eine die entsprechende Druckhöhe darbietende Säule der ausströmenden Flüssigkeit zu verwandeln suchen. Nehmen wir an, 1 Quadratcentimeter Oberfläche Wasser würde von einer Kraft von 10 Grammen belastet, so können wir 1 Decimeter Druck- oder Geschwindigkeitshöhe einführen, weil 1 C. C. Wasser 1 Grm. wiegt.

Widerstandshöhe. §. 103. Die Form der Ausflußöffnung, die Gestalt des Anfangstheiles des hervortretenden Strahles, die Beschaffenheit, der Durchmesser und der Verlauf der Röhren, durch welche die flüssige Masse getrieben wird, der Widerstand der Körper, die sie auf ihrem Wege verdrängen muß, liefern die Hauptursachen, weshalb die wirkliche Geschwindigkeit von der theoretischen abweicht. Die Nebenverhältnisse verzehren hierbei fast immer einen merklichen Theil der ursprünglichen Druckkraft. Man kann aber diese wiederum auf eine gewisse Druckhöhe, die sogenannte Widerstandshöhe, zurückführen. Es wird daher die wahre Geschwindigkeit davon abhängen, wie viel die gesammte Widerstands- von der theoretischen Geschwindigkeitshöhe übrig gelassen hat. Jene Hindernisse bedingen es, daß wir die theoretischen Werthe der Schnelligkeiten und der Ausflußmengen mit gewissen Bruchtheilen, den Widerstandscoefficienten, vervielfältigen müssen, um die wahren Größen zu erhalten.

Fig. 13.



Wir wollen uns die Kraft, welche eine Flüssigkeit durch die Röhrenleitung *ac*, Fig. 13, treibt, unter der Form der Druckhöhe des Nebenbehälters vorstellen. Die Geschwindigkeit, mit welcher der Strahl in *c* hervortritt, muß aus zweierlei Ursachen kleiner, als es die Druckhöhe an und für sich fodert, ausfallen. Die Molecüle des Wassers haben den Luftwiderstand bei *c* zu überwinden. Sie können überdies gewisse störende Krümmungsbahnen hier verfolgen. Die Adhäsion und die Reibung an den Röhrenwänden *abc* wird aber ein zweites Bedingungsglied des Widerstandscoefficienten darstellen.

Wenn wir einen Urinstrahl zur Harnröhre herauspressen, so werden alle diese Hindernisse wiederkehren. Er muß daher mit weniger Kraft, als die Zusammenziehung der Blase und die zu Hilfe gezogene Unterleibspresse an und für sich liefern, hervorströmen. Treibt dagegen das Herz das Schlagaderblut in die Haargefäße, so fällt der Theil des Widerstandes, der von dem Uebergang in ein fremdes Mittel herrührt, hinweg. Es bleibt der Einfluß der Röhrenwände allein übrig.

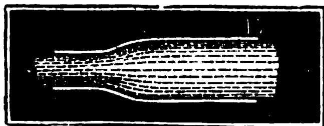
§. 104. Setzen wir zwei Seitenröhren *ad* und *be*, Fig. 13, oder zwei Piezometer in *a* und *b* senkrecht ein, so wird das Wasser zu einer

ihrem Platze entsprechenden Höhe emporsteigen. Diese Größe liefert ein Maaß des Druckes, den die Widerstände bis zu dem bestimmten Orte aufgezehrt haben. Die Säule *b e* muß aber niedriger als *a d* ausfallen, weil die Röhrenstrecke *a b* eine gewisse Summe von Hindernissen hinzugefügt hat. Wenden wir dieses auf die Gefäße unseres Körpers an, so werden uns die gleichzeitigen Höhenunterschiede zweier Blutkraftmesser (§. 86.), von denen der eine dem Herzen näher und der zweite von ihm entfernter in den Hauptstamm seitlich eingefügt werden, über die Größe der Hindernisse, die der Zwischenweg entgegenstellt, belehren können.

§. 105. Der nachtheilige Einfluß, den die Innenfläche der Röhrenwand ausübt, geht aus zweierlei Ursachen hervor. Die peripherischen Flüssigkeitstheilchen müssen gegen die Unebenheiten der Wandungsfläche anstoßen. Die Adhäsion hält sie zugleich mit größerer Zähigkeit zurück. Jene Widerstandsgröße wächst in quadratischem und diese in einfachem Verhältnisse der Geschwindigkeit. Man sieht hiernach von selbst ein, welche bedeutenden Vortheile die Natur durch die außerordentliche Glätte der Innenfläche der Saug- und der Blutadern erreicht hat. Widerstand der Innenfläche der Röhrenleitungen.

§. 106. Lassen wir die eben erwähnten Veränderungen, die von dem Einfluß der Wände herrühren, unbeachtet, so wird dieselbe Flüssigkeitsmenge durch jeden beliebigen senkrechten Querschnitt eines vollkommen gleichförmig cylindrischen Leitungsrohres *a b c*, Fig. 13, in jeder Zeiteinheit hindurchgehen. Denken wir uns aber, es erweitere sich in seinem Verlaufe von *AB*, Fig. 14, zu *DCGE*, so muß sich die ausfließende Wassermasse auf einen größeren Raum vertheilen. Betrachten wir die Flüssigkeit, welche in der Zeiteinheit durchtritt, als einen Cylinder, der den Querschnitt zur Grundfläche und die Geschwindigkeitshöhe zur Höhe hat, so wird diese um eben so viel abnehmen, als jener an Ausdehnung gewinnt. Man sagt daher, daß sich die Geschwindigkeiten unter sonst gleichen Verhältnissen umgekehrt wie die Flußbette vergrößern oder verkleinern können. Erweiterung d. Flußbettes.

Fig. 14.



Die Saugadern, die Blutgefäße, die Verästelungen der Luftröhre und vieler Drüsengänge stimmen darin überein, daß die Summe der Querdurchschnitte einer Reihe von untergeordneten Zweigen größer, als der des Hauptstammes ausfällt. Das Flußbett erweitert sich daher in derjenigen Richtung, in welcher die Theilung fortschreitet. Es muß deshalb die Geschwindigkeit einer Flüssigkeit, welche in der gleichen Bahn fortströmt, ab-, und die einer anderen, die in der entgegengesetzten dahingeht, zunehmen. Es wird das Blut um so langsamer fließen, je mehr es sich den Haargefäßen annähert. Kehrt es zum Herzen zurück, strömt die Lymphe vorwärts, wird die Absonderungsflüssigkeit einer Drüse, die baumförmig verzweigte Drüsengänge besitzt, weiter geschoben, so muß die Schnelligkeit mit dem ferneren Fortgange gewinnen. Die Luft wird unter sonst gleichen Verhältnissen mit abnehmender Geschwin-

digkeit bei der Inspiration ein- und mit zunehmender bei der Exspiration ausströmen.

Widerstände feiner Röhren.

§. 107. Die äußersten Flüssigkeitstheilchen, welche durch die Adhäsion und die Unebenheiten der Innenfläche der Wände zu leiden haben, bilden eine verhältnißmäßig um so dünnere Schicht, je größer der Querschnitt der Röhre ausfällt. Die Widerstände, die sehr enge Canäle dem Durchflusse entgegensetzen, müssen sich schon aus diesem Grunde in höherem Maaße geltend machen.

§. 108. Die feinsten Canäle, mit denen die Natur in unserem Körper arbeitet, sind viel dünner, als die Haarröhrchen, an denen man hydraulische Versuche angestellt hat. Die Flüssigkeit, die durch sie getrieben wird, geht meist in gleichartige Mittel über. Die Ausführungsgänge der Schweißdrüsen, der verschiedenen Fettdrüsen der Haut oder des äußeren Gehörganges liefern aber auch den Fall, daß tropfbar flüssige Massen in die Luft gepreßt werden.

Einfluß der Flüssigkeiten in dünnen Röhren.

§. 109. Die Geschwindigkeit, mit der ein flüssiger Körper durch ein Haarröhrchen läuft, um in eine andere gleichartige Flüssigkeit überzugehen, wechselt von vorn herein mit der Natur der bewegten Flüssigkeit. Auflösungen von Salpeter oder von essigsauerem Ammoniak strömen nach Poiseuille[4]) schneller und Weingeist oder Blutserum langsamer, als reines Wasser. Wenn die Länge der Haarröhrchen ein gewisses Verhältniß zum Querschnitte nicht überschreitet, so verhalten sich die in denselben Zeiteinheiten durchtretenden Mengen wie die vierten Potenzen der Durchmesser und umgekehrt wie die Röhrenlängen. Es ergiebt hieraus, daß die Widerstände mit der Verengerung der Haarröhren auf das Beträchtlichste zunehmen. Die feinsten Haargefäße des Körpers liefern nur $1/_{442}$ Mm. Ihr Querschnitt fällt daher 195364 Mal kleiner, als der einer Haarröhre, die 1 Mm. Durchmesser hat, aus. Die Ausflußmenge würde aber um das Quadrat dieses Werthes unter fast gleichen Bedingungen abnehmen.

Einfluß der Wärme auf dünne Röhren.

§. 110. Die Wärme beschleunigt den Durchtritt der Flüssigkeiten durch sehr dünne Röhren in hohem Grade. Bleiben die übrigen Bedingungen unverändert, so liefert ein Haarröhrchen, das einen Cubikcentimeter Wasser bei + 4° C. in einer gegebenen Zeiteinheit durchströmen läßt, 2,314 C. C. bei 37°,5 C. Es ergiebt sich hieraus, daß die höhere Wärme, welche die warmblütigen Geschöpfe darbieten, wesentliche Vortheile liefern kann. Es erklärt sich, weshalb das Blut in den Haargefäßen unserer Haut langsamer strömt oder gänzlich stockt, wenn diese in der Kälte beträchtlich abgekühlt worden.

Unbewegliche Schicht.

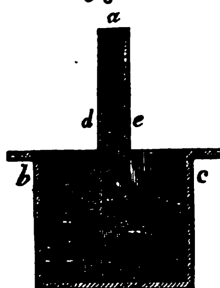
§. 111. Geht eine Flüssigkeit durch ein Haarröhrchen hindurch, so bildet sich eine peripherische Lage, die sogenannte unbewegliche Schicht, in der die Masse beträchtlich langsamer, als in der Mitte strömt. Ihre Stärke muß mit der Größe der Widerstände, welche die Innenfläche der Wandung liefert, wachsen. Wir werden später sehen, daß sie zwar in den feinsten Blutgefäßen unseres Körpers ebenfalls auftritt, hier aber noch

dünner, als in Glasröhren mit umfangreicherem Querschnitt auszufallen pflegt. Dieses beweist von Neuem, wie sehr die Natur jeden unnöthigen Verlust von Druckkraft zu beseitigen wußte.

§. 112. Der mächtige Einfluß, den die Adhäsionserscheinungen in dünnen Spalträumen gewinnen können, führt zu mannigfachen Eigenthümlichkeiten, die man unter dem Namen der Haarröhrchenanziehung zusammenfaßt. Da alle organischen Theile porös sind, so begegnen wir auch diesen Erscheinungen in den sämmtlichen Körperwerkzeugen. Die meisten Bedingungen des Stoffwandels hängen mit ihnen wesentlich zusammen. Adhäsion in dünnen Spalten.

§. 113. Tauchen wir ein Haarröhrchen, *a* Fig. 15, das an seiner Innenfläche mit der gleichen Flüssigkeit benetzt ist, in Wasser oder eine wässerige Auflösung, in Weingeist, Aether oder Oel, so füllt es sich nicht bloß bis zur Höhe des umgebenden Flüssigkeitsspiegels *bc*, sondern noch weiter hinauf bis *de*. Der Ueberschuß der Erhebung *df* heißt die Steig- oder die Capillarhöhe. Anziehung in Haarröhrchen.

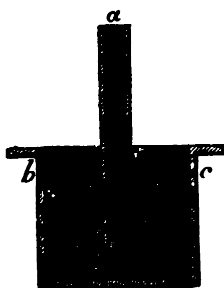
Fig. 15.



§. 114. Befindet sich eine flüssige Masse in einem weiten Behälter, so bildet der Flüssigkeitsspiegel eine Ebene, die auf allen in der Schwererichtung herabgehenden Flüssigkeitsfäden senkrecht steht. Er erscheint uns daher in der Form einer wagerechten Fläche. Der Spiegel *de*, Fig. 15, dagegen ist ausgehöhlt. Seine größte Höhe liegt am Rande und seine bedeutendste Tiefe in der Mitte des Ganzen.

§. 115. Befinden sich ein fester und ein flüssiger Körper in einem gegenseitigen Verhältnisse der Adhäsion oder der Prosaphie, so sucht dieser jenen ins Unendliche zu benetzen. Die Cohäsion oder die Synaphie der Flüssigkeit, d. h. die Kraft, mit der sich die Molecüle derselben wechselseitig anziehen, setzen sich diesem Streben entgegen. Beide Wirkungen werden in dem Haarröhrchen *a* entgegenarbeiten. Die ausgehöhlte Oberfläche bildet einen der sichtlichen Ausdrücke dieses Wechselspieles.

Fig. 16.



§. 116. Wählen wir eine Flüssigkeit, die keine Adhäsion zur Röhrenwand darbietet oder diese nicht benetzt, so werden wir die entgegengesetzten Erscheinungen erhalten. Versenken wir das gleiche Haarröhrchen *a* Fig. 16 in Quecksilber oder in ein anderes geschmolzenes Metall, so erhebt sich der Spiegel *de* der in ihr enthaltenen Flüssigkeit nicht bis zur Höhe *bc*. Er bleibt um *df* tiefer liegen. Wir haben keine Haarröhrchenanziehung, sondern eine Capillarabstoßung. *de* besitzt zugleich eine Senkung in Haarröhrchen.

convexe Form, so daß der höchste Punkt des Meniscus in der Mitte liegt.

Gesetze der Haarröhrchen-anziehung.

§. 117. Bestehen die Begrenzungswände des Haarröhrchens aus unorganischen Stoffen, so übt die Beschaffenheit von diesen keinen Einfluß auf die Steighöhe df, Fig. 15, aus. Wasser erhebt sich um ebenso viel in Glas- als in Metallröhren.

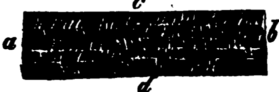
§. 118. Hat man die innere Oberfläche des Röhrchens mit einem unverrückbaren Fettüberzuge bekleidet, so wird das Wasser zurückgewiesen. Kann es die fettige Masse verdrängen und ist die Benetzung auf diese Art möglich gemacht, so vermag auch die Steighöhe zum Vorschein zu kommen.

Die Erhebungen adhärirender und die Senkungen nicht adhärirender Flüssigkeiten verhalten sich umgekehrt, wie die cylindrischen Haarröhrchen, die zu dem Versuche gebraucht werden. Jene wechseln aber mit den angewandten Flüssigkeiten in bedeutendem Grade. Legt man ein Röhrchen von 1 Mm. Durchmesser und 4° C. zum Grunde, so geben Wasser 15,2, feines Provenceröl 7,4 und Aether 5,2 Mm. Diese Werthe sinken mit dem Wachsthume der Wärmegrade. Nimmt man die von Brunner [5]) angegebene empirische Formel als Basis, so liefern die genannten Flüssigkeiten 14,27 Mm., 7,07 Mm. und 4,32 Mm. bei 37° C.

Porosität der organischen Theile.

§. 119. Wir können uns jedes Organstück als eine Masse denken, welche Zwischenräume der mannigfachsten Größe in den verschiedensten Richtungen durchsetzen, wie es Fig. 17 schematisch darstellt. Dieser Bau verleiht den Gewebeanhäufungen die Eigenschaft, sich, wenn sie trocken sind, mit Flüssigkeiten vollzusaugen, als Filtrum zu dienen, wenn ein tropfbarer Körper von c aus drückt, während ein elastisch flüssiger in d vorhanden ist, endlich eine Diffusion einzuleiten, so wie passende auf einander wirkende Flüssigkeiten in c und d zu Gebote stehen.

Fig. 17.



Durchtränkung

§. 120. Legt man einen trockenen thierischen Theil in eine ihn benetzende Flüssigkeit, so dringt sie nach und nach in die Spalträume ein. Das Ganze nimmt an Umfang und Gewicht zu. Die Größe der Durchtränkung oder der Imbibition hängt von der Beschaffenheit des organischen Körpers und der Flüssigkeit, dem Drucke, der Temperatur und der Zeit der Einwirkung ab. Es fehlt aber noch an Versuchen, welche die Einflüsse dieser mannigfachen Bedingungsglieder auf bestimmte Gesetze zurückführen könnten. Die Wägungen oder die Volumensbestimmungen, die man bis jetzt versucht hat, liefern selbst absolut genommen bloße Annäherungswerthe, da die Adhäsion immer noch Flüssigkeitsschichten, die hierher nicht gehören, an dem aufgeweichten Theile haften läßt. Sie können aber dessenungeachtet deutlich zeigen, wie sehr der Erfolg von der Natur der Flüssigkeit abhängt.

§. 121. 100 Grm. Sehnen nahmen nach Chevreul 178 C. C.

Wasser, 114 C. C. Salzwasser und 8,6 C. C. Oel im Laufe von 24 Stunden auf. Aehnliche Versuche von Liebig lehrten, daß der Weingeist zwischen der gesättigten Kochsalzlösung und dem Oele zu stehen kommt. Man kann die Abweichungen aus den Eigenschaften jener flüssigen Verbindungen genügend erklären. Der geringe Werth des Oeles rührt von dem niederen Grade der Anziehung, welche diese Flüssigkeit zu den thierischen Geweben besitzt, her. Der Weingeist bietet ähnliche Verhältnisse dar. Er wird überdies die Masse leichter einschrumpfen lassen, als ausdehnen. Wässerige Lösungen müssen dem reinen Wasser nachstehen, weil hier schon ein gewisser Grad von Anziehungskraft für die Auflösung selbst verwendet worden. Man darf übrigens in diesen Fällen nicht vergessen, daß manche Flüssigkeiten, wie das reine Wasser, alle nicht vollkommen gesättigten Lösungen und der Weingeist nicht bloß in die Spalträume eindringen, sondern auch einzelne Bestandtheile der organischen Masse chemisch aufnehmen und andere wesentlich verändern können.

§. 122. Unsere Oberhaut ist unter den gewöhnlichen Verhältnissen lufttrocken. Kommt sie aber mit einer tropfbaren Flüssigkeit in einem Wasserbade in Berührung, so kann sie sich nach und nach mit ihr durchtränken. Die Fettmasse der Hautschmiere wiedersetzt sich an einzelnen Stellen dem Eindringen der wässerigen Verbindungen. Die Luft wird häufig in den kleinen Spalten, die zwischen der Oberhaut und den größeren oder feineren Haaren übrig bleiben, hartnäckig zurückgehalten. Sind aber die hindernden Massen verdrängt, so wird die Oberhaut immer mehr durchweicht. Sie verliert ihren gewöhnlichen und zum regelrechten Tasten nöthigen Widerstand, weil die Flüssigkeit nicht bloß in die zwischen den Hornzellen der Oberhaut befindlichen Spalträume eindringt, sondern auch jene selbst aufweicht.

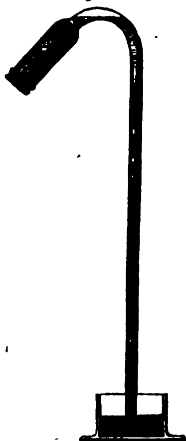
§. 123. Ein Filtrum bildet eine poröse Scheidewand, die sich mit den tropfbar flüssigen Bestandtheilen der zu filtrirenden Lösung zunächst durchtränkt. Der Druck, den die aufgeschichtete Mischung ausübt, treibt dann die Flüssigkeit durch die Poren, wie durch feine Röhren hindurch. Die Schwierigkeit des Durchflusses muß daher mit der Länge des Weges und vorzüglich mit der Feinheit der Poren beträchtlich zunehmen (§. 109.). Die besseren Arten von Filtrirpapier fallen auch in der Regel dünn aus. Sie bieten daher minder lange und in dieser Richtung einfacher vertheilte Durchflußcanäle dar. Die durchgepreßten Flüssigkeitsmassen fließen an der freien Seite zu Tropfen zusammen. Diese fallen endlich zu Boden, wenn die Schwere über der Cohäsion das Uebergewicht gewinnt. Filtration.

§. 124. Dünne thierische Häute, wie das Lungenfell, das Bauchfell oder die anderen serösen Ueberzüge können ausgezeichnete Filtra abgeben. Milchkörperchen, welche noch durch gutes Filtrirpapier durchgehen, werden von jenen Häuten zurückgehalten. Beträchtlichere Druckhöhen können nicht bloß die Schnelligkeit des Durchganges vergrößern. Sie

sind auch im Stande, die Haut selbst auszudehnen, ihre Spalträume auf diese Weise zu erweitern und zähere Flüssigkeiten, die sonst abgehalten werden, durchzulassen. Das Eiweiß einer Albuminlösung oder des Blutserum, das bei einer geringeren Höhe der Drucksäule nicht durchtritt, kann nach der Verstärkung derselben zum Vorschein kommen.

Verdunstung durch poröse Häute. §. 125. Die durch poröse Scheidewände möglich gemachte Verdunstung bildet gewissermaaßen ein umgekehrtes Filtriren. Schließt man eine mit einer wässerigen Flüssigkeit gefüllte umgebogene Röhre mit einer organischen Haut (Fig. 18), so wird das unten absperrende Quecksilber in der Röhre selbst nach und nach in die Höhe steigen. Die Haut durchtränkt sich zunächst mit der Flüssigkeit. Die äußersten Schichten, welche mit der Atmosphäre in Berührung kommen, verdampfen allmählig nach Maaßgabe des Druckes, der Wärme und der Wasserdunstsättigung der Luft. Es muß daher Flüssigkeit nachrücken. Die ununterbrochene Wiederholung dieses Vorganges vermindert die Menge und daher auch den Rauminhalt der in der Röhre eingeschlossenen Flüssigkeit. Der äußere Luftdruck, der auf den Spiegel der Absperrungsflüssigkeit ungehindert wirkt, treibt dabei das Quecksilber in die Röhre so weit hinauf, als es die Spannung der in ihr enthaltenen Massen gestattet. Man sieht daher leicht, daß eine solche Vorrichtung als Meßapparat der Verdunstungserfolge benutzt werden könnte.

Fig. 18.



Die freien Oberflächen der Pflanzen und der Thiere, welche Wasser und andere hierzu geeignete Verbindungen in der Form von Dämpfen entlassen, müssen ähnliche Nebenwirkungen möglich machen. Der ungehinderte Gegendruck wird Ersatzflüssigkeiten nachtreiben.

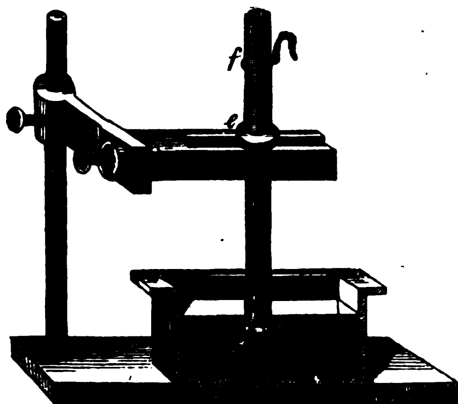
§. 126. Es ist keineswegs nöthig, daß die tropfbarflüssige Masse die organische Scheidewand unmittelbar berührt. Kann sie nur bei dem gegebenen Wärmegrade und unter dem auf ihr lastenden Drucke verdampfen, so wird sie den über ihr befindlichen Luftraum mit ihren Dünsten möglichst sättigen. Diese dringen aber wiederum durch die organische Scheidewand ins Freie, sobald die Atmosphäre mit denselben Dämpfen in geringerem Grade gesättigt ist. Es muß daher die Flüssigkeitsmenge auch in diesem Falle fortwährend abnehmen. Haben wir ein Glas nur zum Theil mit Wasser gefüllt und mit einer thierischen Haut luftdicht geschlossen, so werden wir finden, daß die Höhe der Flüssigkeit nach und nach dessenungeachtet abnimmt.

§. 127. Die Verwandschaftsbeziehungen, welche die Dämpfe zur absperrenden Scheidewand darbieten, bestimmen den Erfolg dieser Versuche in wesentlicher Weise. Arbeitet man mit wässerigem Weingeist und trockener Schweinsblase, so wird der Alkohol allmählig concentrir-

ter, weil die Poren der Haut mehr Wasser- als Weingeistdämpfe anziehen und durchlassen. Vertauscht man die Blase mit einer Kautschukhaut, so erhält man das umgekehrte Verhältniß aus einer ähnlichen Ursache.

§. 128. Füllen sich die Spalträume eines porösen Körpers mit irgend einer Flüssigkeit, so wird diese wahrscheinlich da, wo sie festen Wänden unmittelbar anhaftet, in einem gewissen Grade verdichtet. Enthält sie feste Körper aufgelöst, so können sie bei dem Durchfiltriren in verhältnißmäßig größeren Mengen zurückgehalten werden. Eine Kochsalzlösung, die Matteucci durch einen 8 Meter langen Weg von Sand trieb, hatte zuletzt $1/_{10}$ ihrer früheren Eigenschwere eingebüßt. Dichtigkeitsunterschied filtrirter Flüssigkeiten.

Fig. 19.



§. 129. Füllen wir einen Behälter mit Wasser *a* Fig. 19 und versenken in ihn eine Röhre, die unten mit einer porösen Scheidewand *bc* geschlossen und bis zu einer gewissen Höhe mit einer Salzlösung *d* versehen ist, so wird hierdurch eine Diffusion der beiden Flüssigkeiten eingeleitet. Die Poren von *bc* machen es möglich, daß Molecüle des aufgelösten festen Körpers von *d* nach *a* und Wasser von *a* nach *d* übertritt. Die durch die hellen Pfeile angedeutete, von außen nach innen gehende Strömung heißt die Endosmose und die entgegengesetzte mit den dunkelen Pfeilen bezeichnete die Exosmose. Diffusion der Flüssigkeiten.

Fig. 20.



§. 130. Wir können uns die Ursachen und die Hauptbedingungen dieser Erscheinung mit Hilfe des Fig. 20 gegebenen Schema am Einfachsten klar machen. *abcd* und *efgh* sind die beiden, mit den Flüssigkeiten *W* und *S* versehenen Räume, die mittelst der porösen Scheidewand *bche* getrennt werden. *iklm* aber entspricht einer der Spaltöffnungen, welche die Diffusion selbst herbeiführen. Mechanik der Endosmose und Exosmose.

Wäre *W* Wasser, *S*. dagegen Oel, so würde keine Veränderung ohne die Nebenhilfe ungewöhnlicher Druckkräfte zu Stande kommen, *iklm* mag mit

Wasser oder mit Oel gefüllt sein. Die Atome der beiderseitigen Flüssigkeiten ziehen sich wechselseitig nicht an. Die Grundbedingung der Endosmose besteht aber in der Verwandschaft der durch die poröse Scheidewand getrennten Körper. Man sagt daher auch, daß sich nur mischbare Flüssigkeiten diffundiren können. Da die lebenden thierischen Häute mit Wasser durchtränkt sind, so werden sie die Oele, wenn ihnen keine besondere Nebenverhältnisse zu Hilfe kommen, zurückweisen.

§. 131. Hätten wir das Wasser *W* mit einer Kali- oder Natronlösung vertauscht, so könnte die Möglichkeit der Verseifung eine Diffusion eher herbeiführen. Wenn die Saug- und die Blutadern des menschlichen Körpers die alkalische Lymphe und das alkalische Blut einschließen, so liefern sie deshalb günstigere Bedingungen für die Fettaufnahme, als wenn sie reines Wasser enthalten hätten.

§. 132. Soll eine mechanische Kraft, die wir als eine gewisse Druckhöhe auffassen können, Flüssigkeiten durchtreiben, so wächst der Widerstand unverhältnißmäßig stark, so wie die Durchmesser der dünnen Leitungsröhren abnehmen (§. 109.). Hat *ik* Fig. 20 einen sehr kleinen Werth, so können wir die Einflüsse, welche hydrostatische Druckunterschiede der beiden Flüssigkeiten ausüben, ohne erheblichen Fehler vernachlässigen. Die Diffusionserscheinungen sind daher unter diesen Verhältnissen von den hydrostatischen Einflüssen unabhängig. Kann hingegen die eine Flüssigkeit beträchtlich stärker drücken, so wird sich der Einfluß, den sie ausübt, noch dadurch erhöhen, daß vorzüglich die organischen Häute nachgeben, größere Poren bekommen und deshalb schon an und für sich geringere Hindernisse dem Durchtritte darbieten. Es wird dann die Filtration neben der bloßen Diffusion merklicher hervortreten.

§. 133. Die Art, wie sich in dieser Hinsicht die Scheidewand verhält, die Größe, die Form und die Vertheilung der Spalträume und die Anziehung, welche die Wände *im* und *kl* auf die in ihnen enthaltene Flüssikeit ausüben, wechseln nicht bloß von einer thierischen Haut zur andern, sondern auch zwischen den einzelnen Stücken derselben Blase oder jedes andern Theiles. Es ist sogar oft nicht gleichgültig, welche Seite einer Membran eine bestimmte Flüssigkeit berührt. Da aber diese Verhältnisse auf die Stärke und die Geschwindigkeit der Diffusion einwirken, so ergiebt sich, daß man zwei verschiedenartige Versuche anstellt, wenn man dieselben Flüssigkeiten durch ungleiche Häute wechselseitig abscheidet. Die Mannigfaltigkeit der Scheidewände, welche als Durchgangsglieder der flüssigen Verbindungen in unserem Körper gebraucht werden, macht schon einen unendlichen Wechsel der Diffusionsergebnisse möglich. Da die Einflüsse der Nerven oder anderer Nebenverhältnisse die Porosität zu verändern im Stande sind, so kann eine und dieselbe Haut abweichende Erfolge zu verschiedenen Zeiten nach sich ziehen.

§. 134. Nehmen wir an, die Scheidewand *bche* Fig. 20 wäre ursprünglich mit Wasser durchtränkt, so daß *iklm* eine Wassersäule einschließt, *W* sei ebenfalls Wasser, *S* dagegen eine Auflösung von Koch-

salz, so wird der Querschnitt *ik* keiner fremdartigen Flüssigkeit, *lm* dagegen der Salzlösung oder einem Körper von größerer Dichtigkeit, in dem die wechselseitige Anziehung eine gewisse Menge von Salz- und Wasseratomen zusammenhält, begegnen. Lassen wir nun alles Uebrige unberücksichtigt, so wird sich die mittlere Wassersäule so zu verändern suchen, daß sich der Unterschied der Dichtigkeiten für *ik* und *lm* ausgleicht und daß ihre Masse selbst eine gleichförmig vertheilte Menge von Salzmolecülen enthält. Es müssen daher Salztheilchen in der Richtung *lk*, von *S* nach *W* zu, endosmotisch eintreten und Wassertheilchen in *kl* von *W* nach *S* exosmotisch ausströmen. Hat aber *iklm* Salzmolecüle aufzunehmen angefangen, so wiederholt sich das Streben der Ausgleichung an den beiden Spiegeln *ik* und *lm*. *W* wird zu einer etwas dichteren Lösung von Kochsalz, während sich *S* mit Wasser verdünnt. Fielen alle Nebenhindernisse hinweg, so könnte die Diffusion erst dann aufhören, wenn die Wasser- und die Salzatome in allen Punkten beider Flüssigkeiten gleichförmig vertheilt sind, d. h. wenn diese dieselbe Dichtigkeit oder die gleiche Eigenschwere darbieten.

Fig. 20.



§. 135. Die Menge von Salztheilchen, welche von *S* durch *iklm* nach *W* hinübertritt und die des Wassers, das dafür den umgekehrten Weg für die gleiche Zeiteinheit eingeschlagen hat, wechseln mit der Natur der Stoffe, die in *S* aufgelöst sind. Bleibt alles Uebrige unverändert, so erhält man z. B. ungefähr 4 Gewichtseinheiten Wasser für eine des Kochsalzes und nahebei 12 für eine des Glaubersalzes. Joly [6]) nannte daher diese Zahlen, auf die er zuerst aufmerksam machte, die endosmotischen Aequivalente der einzelnen Körper. Das des Kochsalzes wäre also 4 und das des Glaubersalzes 12. Endosmotische Aequivalente.

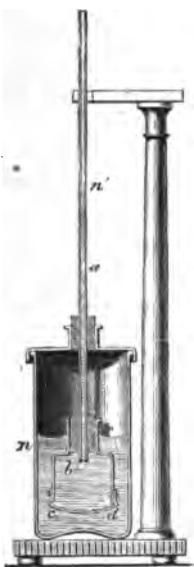
§. 136. Da die Dichtigkeit der Lösung, die Beschaffenheit der Haut, die Wärme und die Druckverhältnisse die Erfolge mannigfach ändern, so erklärt sich hieraus, weshalb man mehr oder minder abweichende endosmotische Aequivalente in einer Reihe verschiedener Versuche, die man mit zwei gleichen Flüssigkeiten anstellt, erhalten kann. Wäre es möglich, alle Nebenbedingungen bis auf eine vollkommen gleich zu machen, so könnten dann die Unterschiede der endosmotischen Aequivalente den Einfluß jenes zweiten Gliedes genauer verfolgen lassen.

§. 137. Man hat die Diffusionserscheinungen auf zweierlei Wegen, dem Volumen oder dem Gewichte nach verfolgt. Der Gebrauch der Waage ist aber hier, wie in den meisten anderen Fällen vorzuziehen, weil die Raumbestimmungen manchen nicht unbedeutende Fehlerquellen, die sich kaum vermeiden und oft nicht sicher ermitteln lossen, einschließen.

Endosmometer.

§. 138. Fig. 21 zeigt uns das von Dutrochet zuerst gebrauchte Endosmometer, das den Umfangswechsel der sich diffundirenden Flüssigkeiten wenigstens ungefähr angiebt. Ein Gefäß *b* Fig 21, das die eine Flüssigkeit enthält und unten mit der porösen Haut *cd* verschlossen wird, führt oben eine Steigröhre *a*. Diese ist an einem Stativ senkrecht aufgestellt und in der zweiten Flüssigkeit *n* bis zu einer gewissen Tiefe eingesenkt. War *b* ursprünglich eine Auflösung von Kochsalz und *n* reines Wasser, so wird sich jene nach und nach immer mehr verdünnen und an Umfang zunehmen. Stand die Salzlösung im Anfange in gleicher Höhe mit *n*, so muß sie im Laufe der Zeit z. B. bis *n'* emporsteigen, während der Spiegel von *n* niedriger wird. Besitzt nun die Steigröhre *a*, deren Durchmesser bekannt ist, eine Millimeterscala, so kann man die Erhebung numerisch verfolgen. Ist der Rauminhalt von *b* gegeben, so läßt sich auch die Umfangszunahme der Salzlösung leicht berechnen.

Fig. 21.



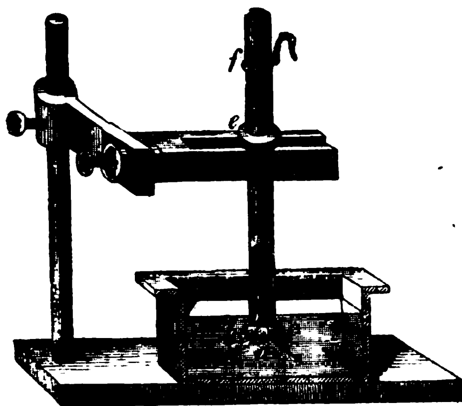
Diese Vorrichtung hat den Nachtheil, daß eine um so größere hydrostatische Druckgröße auf der Haut *bc* lastet, je mehr *n* in der Steigröhre *a* emporgeht. Vierordt [7]) gab deshalb ein eigenes Endosmometer, in dem man die hierdurch bedingten Veränderungen durch Nachhelfen verbessert, an. Verfolgt man den Wechsel der Flüssigkeiten nicht dem Umfang, sondern dem Gewichte nach, so kann man die innere Röhre im Laufe des Versuches immer tiefer einsenken, so daß ein irgend beträchtlicher Drucküberschuß erhebliche Störungen zu keiner Zeit herbeiführt. Der durch die Verdunstung bedingte Fehler wird am Einfachsten vermieden, wenn man den Behälter, dessen Flüssigkeit an Umfang abnehmen wird, luftdicht schließt, den anderen dagegen mit zwei Vorlagen von Asbest und Schwefelsäure versieht. Die erste, welche die Dämpfe der Endosmose-Flüssigkeit aufnimmt, wird mitgewogen, die zweite dagegen, die vor den Wasserdünsten der Atmosphäre schützen soll, vor jeder Gewichtsbestimmung fortgenommen [8]).

Bestimmung der endosmotischen Aequivalente.

§. 139. Denken wir uns, *d* Fig. 22 sei eine gesättigte Kochsalzlösung und *a* distillirtes Wasser, so wird die Diffusion so lange fortdauern, bis sich die Dichtigkeiten von *a* und *d*, soweit es die Nebenverhältnisse gestatten, angenähert haben. Bildet die Menge von *d* einen nur kleinen Bruchtheil von der von *a*, so müssen *a* und *d* mehr oder minder beträchtliche Procentwerthe von Kochsalz enthalten. War dagegen ursprünglich *d* sehr klein oder *a* sehr groß, so erhalten wir zuletzt eine sehr schwache Kochsalzlösung in beiden Behältern, daß wir

den procentigen festen Rückstand vernachlässigen und die in *d* eingeschlossene Flüssigkeit als destillirtes Wasser betrachten können. Wird *a* zu oft wiederholten Malen durch neues reines Wasser ersetzt, so muß zuletzt das Gleiche, wenn selbst *a* kein so großes Volumen besitzt, wiederkehren.

Fig. 22.



Jolly bediente sich dieses Verfahrens, um die endosmotischen Aequivalente zu bestimmen. Enthält die von *b c* geschlossene Röhre eine gewisse Menge eines festen löslichen Körpers oder eine Auflösung desselben, während das destillirte Wasser *a* öfters gewechselt wird, so erzeugt sich zuletzt eine so sehr verdünnte Flüssigkeit, daß man sie als reines Wasser ohne Fehler betrachten kann. Das Verhältniß des Gewichtes des ursprünglich vorhanden gewesenen festen Körpers zu dem der eingetretenen Flüssigkeit giebt die Größe des endosmotischen Aequivalentes an.

Wenn z. B. die innere Röhre 2,4 Grm. trockenen Kochsalzes im Anfange enthielt, so zeigten sich zuletzt 9,58 Grm. Wasser. Das endosmotische Aequivalent betrug daher hier 3,99. Hätten wir eine Kochsalzlösung, die 1 Grm. Kochsalz und 3 Grm. Wasser führte, eingefüllt, so wären zuletzt 6,99 Grm. Wasser unter den gleichen Verhältnissen vorhanden gewesen.

§. 140. Ordnen wir die endosmotischen Aequivalente, die Jolly bei dem Gebrauche der mit Weingeist vorbereiteten Schweinsblase erhalten hat, in aufsteigender Reihenfolge, so ergiebt sich: Größe der endosmotischen Aequivalente.

Körper.	Endosmotisches Aequivalent.	Körper.	Endosmotisches Aequivalent.	Körper.	Endosmotisches Aequivalent.
Schwefelsäurehydrat	0,308 bis 0,391	Zucker	7,064 bis 7,250	Schwefelsauere Bittererde. . .	11,503 bis 11,802
Saueres schwefelsaueres Kali	2,345	Schwefelsaueres Kupferoxyd. . .	9,564	Schwefelsaueres Kali . . .	11,42 bis 12,76
Kochsalz	,820 bis 4,58	Gummi	11,79?	Kalihydrat . . .	200,09 bis 231,4
Weingeist . . .	4,140 bis 4,336	Glaubersal . .	11,033 bis 12,44		

Der Werth, den das Hydrat der Schwefelsäure lieferte, fiel mithin im Durchschnitt 617 Mal so klein, als der des Kalihydrates aus.

Einfluß der Wärme auf die Diffusion.

§. 141. Wir haben früher gesehen, daß die Steighöhen des Wassers, des Aethers und des Oeles unter dem Einflusse höherer Wärmegrade abnehmen. Diese vergrößern hingegen die Durchflußmengen der Haarröhrchen. Jene Erscheinung hängt auch mit der Cohäsion und diese mit der Adhäsion inniger zusammen. Man hatte schon früher bemerkt, daß die Endosmose unter höheren Wärmegraden lebhafter von Statten geht. Jolly fand, daß sich das endosmotische Aequivalent mit der Zunahme der Wärme vergrößert. Glaubersalz hatte 11,07 bei 0°56 C., 19,53 dagegen bei 27°0 C. Kochsalz soll das Umgekehrte zeigen. Sein Aequivalent glich 4,43 bei 0°25 C. und 4,12 bei 11°,75 C.

Abhängigkeit der Diffusion von den Dichtigkeitsgraden.

§. 142. Man kann am Einfachsten annehmen, daß die Mengen der innerhalb einer Zeiteinheit übertretenden Stoffe den Dichtigkeitsunterschieden der beiden Flüssigkeiten unter sonst gleichen Verhältnissen entsprechen. Da aber die Ausgleichung um so weiter fortschreitet, je länger die Diffusion gedauert hat, so folgt, daß dieselbe Zeiteinheit späterhin kleinere Gewichtsdifferenzen als früher liefern wird. Es ergiebt sich zugleich hieraus, daß die Geschwindigkeit der Endosmose mit den Dichtigkeitsunterschieden zunehmen und deshalb am Anfange verhältnißmäßig am Größten ausfallen wird.

Vierordt [9]) ließ 100 C. C. Salzlösung verschiedener Dichtigkeitsgrade auf 100 C. C. Wasser durch 12,88 Quadr. Cent. Blasenfläche in einer Reihe von Versuchen einwirken und prüfte die Umfangsverhältnisse 5 Stunden nach dem Beginne der Diffusionserscheinungen. Hatten die 100 C. C. 13,901 Grm. Kochsalz enthalten, so nahmen die 100 C. C. Wasser um 3,45 C. C. ab. Glich dagegen die ursprüngliche Salzmenge 30,198 Grm., so ergab dieser Werth 5,39. Obgleich die Temperatur 10° C. in beiden Fällen betrug, so hatte doch die concentrirtere Salzlösung eine verhältnißmäßig geringere Abnahme des mit ihr in Wechselspiel stehenden Wassers und folglich eine relativ schwächere Zunahme ihres eigenen Volumens für die gleiche Zeiteinheit dargeboten.

Da nur 100. C. C. Wasser derselben Menge von Salzlösung gegenüberstanden, so mußte jenes mehr Kochsalz aus der dichteren, als aus der verdünnteren Flüssigkeit in demselben größeren Zeitraume aufnehmen. Die Ausgleichung eilte gewissermaaßen für die concentrirtere Mischung merklich voran. Da die Veränderungen, je näher dieser Zeitpunkt des Gleichgewichtes kommt, um so mehr abnehmen, so mußte sich die concentrirtere Lösung der verdünnteren gegenüber unter den erwähnten Verhältnissen im Nachtheil befinden.

Verzögerung der Diffusion zäher Flüssigkeiten.

§. 143. Zähe Flüssigkeiten können die Diffusion unter sonst gleichen Verhältnissen vorübergehend oder anhaltend beeinträchtigen. Eine mit Darmschleim vermischte Eiweißlösung nimmt verhältnißmäßig weniger Wasser auf. 100 C. C. Kochsalzlösung, die 14,85 Grm. Gummi enthalten, vergrößern sich nach Vierordt um ¼ weniger, als wenn die zähe Beimischung nicht vorhanden ist. Aehnliche Unterschiede können auch für die Anfangsgeschwindigkeit der Endosmose wiederkehren. Hatte

Brücke Wasser und Eiweißlösung oder Blutserum durch die Schaalenhaut des Eies getrennt, so traten zuerst nur Salze und wenige organische Stoffe durch. Das Eiweiß folgte später nach. Die Betrachtung der Absonderungsverhältnisse wird uns ähnliche Erscheinungen aus dem lebenden Körper vorführen.

Begünstigung der Diffusion durch Druck.

§. 144. Dehnt sich die thierische Haut unter beträchtlicheren hydrostatischen Druckgrößen aus, so können dreierlei Verhältnisse günstige Bedingungen der Endosmose bereiten. Es vergrößern sich die wirksame Oberfläche und die Durchmesser der Spalträume, während noch neue Poren hin und wieder hinzukommen. Es dringt daher auch unter diesen Verhältnissen Eiweiß in weit beträchtlicherem Grade zu dem äußeren umgebenden Wasser hindurch. Wurden zähflüssige Mischungen wegen der Kleinheit der Spalträume früherhin gänzlich zurückgehalten, so können sie sich jetzt bei der Diffusionsströmung betheiligen.

Endosmotische Wirkung verschiedenartiger Lösungen.

§. 145. Werden zwei verschiedenartige Auflösungen durch eine poröse Scheidewand abgesperrt, so kommen die chemischen Anziehungsverhältnisse zu den übrigen Bedingungen der Wechselwirkungen hinzu. Bildet sich ein Niederschlag, so kann er die Spalträume verstopfen, die Diffusion im Anfange beeinträchtigen und späterhin aufheben. Sind die Poren mit einer Masse, die sich schwer oder gar nicht verdrängen läßt, angefüllt, so werden auch hierdurch Abweichungen möglich gemacht.

Schnelligkeit der endosmotischen Wechselwirkung.

§. 146. Arbeitet man selbst mit dickeren Häuten, wie den Wänden des Dünndarmes, der Aorta, oder der unteren Hohlvene, so dringt doch die erste Endosmoseflüssigkeit binnen sehr kurzer Zeit hindurch. Eine Auflösung von blausauerem Eisenkali, die sich mit einer Lösung von Eisenchlorid diffundirt, brauchte z. B. weniger, als eine Secunde, um durch die 1,5 Mm. dicke Dünndarmschleimhaut mit ihren ersten Flüssigkeitsmengen unter einem Drucke von 1,6 Mm. Quecksilber vorzutreten. Verstärkt man die Druckhöhe auf 3 bis 4 Centimeter Quecksilber, so kann die Zeit ihrer Kleinheit wegen nicht mehr geschätzt werden. Es werden daher auch die Diffusionsströme der lebenden Theile fast augenblicklich, nachdem sich die Gelegenheit dargeboten, durchzugreifen anfangen

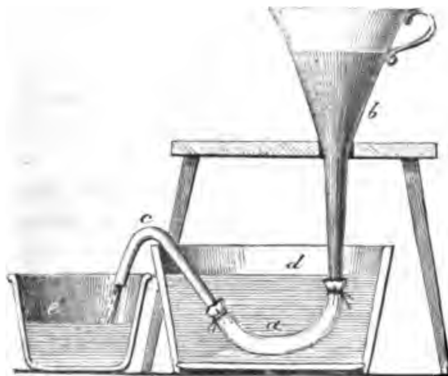
Man kann schätzungsweise berechnen, daß der erste durch die Wände der Haargefäße unseres Körpers vermittelte Stoffwechsel schon nach $1/_{300}$ bis $1/_{800}$ Secunde eingeleitet sein würde, wenn die Druckhöhe nur 1,4 Mm. Quecksilber betrüge.

Endosmose einer strömenden Flüssigkeit.

§. 147. Wenn wir ein Blutgefäß, *a*, Fig. 23 (s. f. S.), mit einem Trichter *b* und einer Abflußröhre *c* verbinden und eine Flüssigkeit fortwährend nach *e* strömen lassen, während die umgebende Mischung in Ruhe bleibt, so müssen die Diffusionserscheinungen auf diese Weise verhältnißmäßig begünstigt werden. Es kommen jeden Augenblick andere Theilchen der in *a* befindlichen Flüssigkeit mit *d* in Wechselwirkung. Es wird hierdurch der Dichtigkeitsunterschied auf einer größeren Höhe erhalten, als wenn die in *a* befindliche Flüssigkeit ruhte. Die Diffusion muß auf

diese Art verhältnißmäßig verstärkt werden, besonders wenn die zur vollkommenen Wechselwirkung nöthige Zeitdauer kleiner als die Geschwindigkeit, mit der die Molecüle der Flüssigkeit dahineilen, ausfällt. Es ergiebt sich hieraus von selbst, welchen Nutzen die Blutbewegung für die hier in Betracht kommenden Erscheinungen des Stoffwechsels darbietet.

Fig. 23.



§. 148. Wenn die Molecüle einer Flüssigkeit eine poröse Scheidewand durchdringen, so ist es nicht gleichgültig, ob sie als tropfbare Massen oder in Dampfform durchgehen. Eine und dieselbe Haut kann sich hiernach auf eine wesentlich verschiedene Weise verhalten. Unsere trockene Oberhaut läßt Wasserdünste sehr leicht und in reichlicher Menge, tropfbar flüssiges Wasser dagegen gar nicht durch.

Diffusionsgesetz der Gase. §. 149. Zwei trockene und chemisch gleichgültige Gase, die eine poröse Scheidewand wechselseitig sondert, tauschen sich in dem umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln ihrer Dichtigkeiten unter gleichen Druckgrößen aus. Man nennt diese Norm, die man aus der Lehre der Bewegung der Flüssigkeiten theoretisch ableiten kann, das Graham'sche Diffusionsgesetz, weil es Graham auf dem Wege der Erfahrung zuerst nachgewiesen hat.

Legt man die Dichtigkeit der reinen wasserfreien Atmosphäre, wie sie 760 Mm. Luftdruck und 0° C. entspricht, als Einheit zum Grunde, so gleicht die Eigenschwere des Sauerstoffes 1,10563 und die der Kohlensäure 1,52910. Diffundiren sich diese zwei Gase unter den eben erwähnten Verhältnissen, so werden 0,85 Volumina Kohlensäure für ein Volumen eintretenden Sauerstoffes ausgetauscht werden. Der Kohlensäure-Behälter empfängt also $^3/_{20}$ mehr Sauerstoff, als er Kohlensäure abgiebt.

Gasabsorption. §. 150. Feste poröse Körper und tropfbar flüssige Massen können einen Theil der Luftarten, mit denen sie in Berührung kommen, aufnehmen, ohne daß eine chemische Wahlverwandschaft die Veränderung herbeiführt. Die Mengen, welche auf diese Weise verschluckt werden, wechseln mit den Beschaffenheiten der absorbirenden und der absorbirten Stoffe, wenn auch die übrigen Nebenbedingungen die gleichen bleiben. Jede tropfbare Flüssigkeit besitzt daher ein eigenes Absorptionsvermögen für eine gegebene Gasart.

1 Volumen Wasser verschluckt z. B. 0,05 Volumen oder $^1/_{20}$ ihres eigenen Umfanges von der ihm dargebotenen atmosphärischen Luft. Ist

es luftleer gemacht worden, so nimmt es 0,042 Stickstoff, 0,065 Sauerstoff, 1,06 Kohlensäure oder 43,78 Vol. schwefeligsaueren Gases auf.

1 Vol. Weingeist absorbirt 2,60 Vol., 1 Vol. Aether 2,17. 1 Vol. fast gesättigter Kochsalzlösung liefert dagegen nur 0,329 und 1 Vol. Chlorcalciumlösung 0,261 Vol.

§. 151. Wird ein Gemenge von Gasen einer Flüssigkeit dargeboten, so bemächtigt sie sich anderer verhältnißmäßiger Quantitäten jeder einzelnen Luftart, als wenn diese allein vorhanden wäre. 3,90 Vol. einer Mischung, die aus gleichen Raumtheilen Sauerstoff und Kohlensäure bestand, gab 0,471 Vol. Kohlensäure und nur 0,05 Vol. Sauerstoff an 1 Vol. Wasser von 18° C. ab.

§. 152. Bleiben die übrigen Nebenbedingungen und vorzüglich die Wärmeverhältnisse unverändert, so übt der Druck, so lange keine besondere Molecularkräfte verändernd eingreifen, keinen Einfluß auf die Volumina der von einer und derselben Flüssigkeit verschluckten Gasmengen aus. 1 Vol. Wasser absorbirt immer nur 0,065 Vol. Sauerstoff, der äußere Druck mag 760 oder 380 Mm. Quecksilber betragen. Läßt man die §. 68. erwähnten Ausnahmen des Mariotte'schen Gesetzes bei Seite, so wächst das Gewicht eines bestimmten Volumen eines Gases mit dem auf ihm lastenden Drucke in gleichem Verhältnisse. Es muß daher die Gewichtsmenge einer verschluckten Luftart mit den Spannungen steigen oder heruntergehen. Hatte 1 Liter Wasser 65 C. C. Sauerstoff verschluckt, so wiegen diese 0,093 Grm. bei 0° C. und 760 Mm. Barometerstand. Sie geben hingegen nur 0,047 Grm. für 380 Mm. äußeren Luftdruckes.

§. 153. Die Dalton'sche Theorie fußt auf diesem von Henry aufgestellten Gesetze und einer anderen Voraussetzung, die der später zu betrachtenden Lehre der Dämpfe entnommen ist. Denken wir uns, 100 C. C. seien mit atmosphärischer Luft, die 21 Volumenprocente Sauerstoff und 79 % Stickstoff enthält, ausgefüllt und beide ständen unter einem Drucke von 760 Mm. Barometer oder dem einer einfachen Atmosphäre, so wirkt jedes Gas mit einer Spannung, als wenn es den ganzen Raum allein ausfüllte. Sollten die 21 C. C. Sauerstoff 100 C. C. einnehmen, so würde ihr Druck von 1 auf 0,21 sinken. Der Stickstoff hätte 0,79 in dem gleichen Falle. Theorem von Dalton.

Bleibt die Temperatur unverändert, so absorbirt jede einzelne gegebene Flüssigkeit dasselbe Volumen unter den verschiedensten Druckgrößen. Dalton nimmt nun an, daß dieses für jedes Gas einer Luftmischung wiederkehrt. Man muß aber seine Spannung so auffassen, als wenn es den ganzen Raum ausfüllte und die Rechnung nach dieser Größe, wie sie sich am Ende der Absorption gestaltet, anstellen.

Bringen wir ein mit luftfreiem Wasser gefülltes Gefäß an die atmosphärische Luft, so arbeiten wir mit den einfachsten Nebenbedingun-

gen, weil die hierbei verschluckten Sauerstoff- und Stickstoffmengen gegen die der gesammten Atmosphäre verschwindend klein bleiben. Es ändert sich daher weder der Umfang noch der Druck der wirksamen Gase im Laufe der Absorptionszeit.

Hätten wir 1 Vol. luftfreien Wassers reinem Sauerstoff Preis gegeben, so hätte es unter dem Drucke von einer Atmosphäre 0,065 Vol. verschluckt. Kommt es an die Luft, so verschluckt es eben so viel Sauerstoff, jedoch mit dem Unterschiede, daß dieser nicht eine Spannung von 1, sondern nur einen Druck von 0,21 darbietet. Führen wir dieses auf einen einfachen Atmosphäredruck zurück, so giebt es 0,065 × 0,21 = 0,01365. Da 1 Vol. Wassers 0,042 Stickstoff, wenn dieser allein wirkte, aufnehmen würde, so erhalten wir jetzt 0,042 × 0,79 = 0,03318. 1 Vol. luftfreien Wassers absorbirt daher im Ganzen 0,04683 Atmosphäre und zwar 0,01365 Vol. Sauerstoff und 0,03318 Vol. Stickstoff. (§. 150.)

§. 154. Wollten wir den gleichen Versuch in einem geschlossenen Behälter wiederholen, so würden sich die Verhältnisse von Augenblick zu Augenblick verändern. Da das Wasser ungleiche Mengen beider Gase aufnimmt, so wechseln entweder die Volumina oder wenn man dieses künstlich verbessert, die Spannungen im Laufe der Absorptionszeit. Es müssen daher hier verwickeltere Berechnungsweisen eingeführt werden.

§. 155. Hält man sich an die Dalton'sche Annahme, daß ein Gas für die Druckverhältnisse eines zweiten gar nicht vorhanden ist, daß es in dieser Hinsicht der Luftleere entspricht, so läßt sich der Gasaustausch, der zwischen einer gewisse Luftarten enthaltenden Flüssigkeit und einem Luftraume Statt findet, leicht bestimmen.

Wir wollen annehmen, wir hätten eine nicht orydirbare Flüssigkeit, die mit Kohlensäure gesättigt ist, an die Atmosphäre, die wir uns vorläufig kohlensäurefrei denken, gebracht, so wird sich die Kohlensäure der Flüssigkeit, als stände sie einem luftleeren Raume gegenüber, verhalten müssen. Sie wird so lange an die Atmosphäre übergehen, bis sich die Spannung ihrer hier befindlichen Mengen mit der der noch in der Flüssigkeit zurückgebliebenen Kohlensäure ausgeglichen hat. Der Sauerstoff wird umgekehrt so verschluckt, als wäre er allein vorhanden, als hätte er sich aber auf den ganzen Raum, wenn dieser beschränkt ist, vertheilt. Die Verhältnisse des Stickstoffes hängen von ähnlichen Grundbedingungen ab. Arbeitet man unter einem gegebenen Luftvolumen, so kommt das Verhältniß von diesem zu dem Volumen der Flüssigkeit, wie eine genauere theoretische Untersuchung lehrt, außerdem noch in Betracht.

Die Dalton'sche Theorie ist bis jetzt noch nicht erfahrungsmäßig erhärtet worden. Manche Erscheinungen, wie z. B. der Luftgehalt des Schneewassers, zeugen eher gegen als für sie. Die Versuche, die man über die Absorptionsverhältnisse der Gase angestellt hat, beruhen fast durchgehends auf älteren, minder sicheren eudiometrischen Verfahrungsarten, deren Ergebnisse die zur genügenden Prüfung jener Anschauungsweise

nöthige Feinheit nicht darbieten. Es ist im Ganzen wahrscheinlich, daß sich die Grundverhältnisse, wie sie Dalton voraussetzte, der Wahrheit annähern. Die zarteren Bedingungen gestalten sich aber vermuthlich anders, als es jene Vorstellung annimmt.

Da das in den Blutgefäßen der Lungen kreisende Blut Kohlensäure und sehr geringe Mengen von Stickstoff an die eingeathmete Luft abgiebt, so erhellt von selbst, daß poröse Häute, die eine tropfbare Flüssigkeit von einem Luftraume trennen, einen Gaswechsel gestatten müssen. Es fehlt aber hier noch an allen genaueren physikalischen Versuchen. Es ist daher nicht möglich, die Einzelnheiten des Erfolges irgendwie theoretisch vorauszusehen.

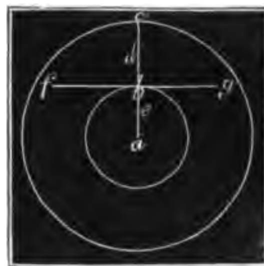
§. 156. Die Schwingungen elastischer Körper spielen eine bedeutende Rolle in den Lebensthätigkeiten des Organismus. Die Wirkung der beiden höchsten Sinneswerkzeuge ist für die Wahrnehmung dieser Art von Veränderung berechnet. Das Auge faßt die Wellenbewegungen des Lichtäthers und das Ohr die der wägbaren Stoffe, der Flüssigkeiten oder der festen Körper auf. Da wir die Wirkungen dieser Organe in der Folge ausführlicher betrachten werden, so brauchen wir hier nur die allgemeineren Beziehungen, in denen unsere Körpergewebe zum Lichte stehen, kennen zu lernen. Schwingungen elastischer Körper.

§. 157. Wenn ein Molecül *a* Fig. 24 einer Masse, die nach allen Wellenstrahlen und Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen.

Fig. 24.



Fig 25.



Richtungen gleichförmig elastisch ist, in Schwingungen verfällt, so pflanzt sich die Unruhe nach allen Seiten hin gleichartig fort. Es erzeugen sich Kugelwellen, wie es Fig. 24 andeutet. Man kann sich diese an einem stillstehenden Wasser, in das man einen Stein geworfen, in der Flächenanschauung am Besten versinnlichen. Ein jeder beliebige Halbmesser z. B. *a c* Fig. 25, den wir von dem Mittelpunkte *a* nach einem der Kreise oder nach einem beliebigen Punkte einer Kugeloberfläche ziehen, bildet einen Wellenstrahl. Die Zeit, welche nöthig wird, damit sich die Unruhe längs eines Strahles von gegebener Länge, von *a* bis *b* oder *c* von Molecül zu Molecül mittheilt, liefert die Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Legt man die Zeitsecunde als Einheit zum Grunde, so beträgt sie 283 Millionen Meter für den Lichtäther und 332 Meter für die atmosphärische Luft von 0° C.

Transversalschwingungen der sichtbaren und Longitudinalschwingungen der hörbaren Wellen

§. 158. Betrachten wir die Schwingungsarten, die unser Auge und unser Ohr auffassen, so begegnen wir einem durchgreifenden Unterschiede. Wird ein Molecül *b* Fig. 25 in Unruhe versetzt, so kann es sich möglicher Weise in allen beliebigen Flächen hin und her bewegen. Der Eindruck des Lichtes rührt aber nach Fresnel nur von denjenigen Schwingungen her, welche auf der Richtung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit *ac* senkrecht stehen oder von denen, die in der Querebene *fg* zu Stande kommen. Die Töne fußen auf dem entgegengesetzten Verhältnisse. Sie beruhen auf den der senkrechten Längenfläche entsprechenden Molecularbewegungen. Wir sehen daher die transversalen Schwingungen der Theilchen des Lichtäthers und hören die longitudinalen der wägbaren elastischen Verbindungen.

Gewöhnliche und polarisirte Lichtstrahlen

Fig. 26.



§. 159. Wenn *bcde* Fig. 26 einen Theil der Querebene *fg* Fig. 25 darstellt, so könnte das Lichtmolecül *a* in allen möglichen Richtungen *fg*, *hi*, *kl*, *mn* hin- und hergehen. Diese Unbestimmtheit, der hierdurch mögliche Wechsel der Bahnen macht sich auch in der That in dem gewöhnlichen Lichte geltend. Das polarisirte Licht dagegen hat einseitiger vorgeschriebene, beständigere Wege. Ist es geradlinigt polarisirt, so schwingt *a* nur in einer bestimmten Bahn z. B. in *fg*. *fg* ist daher die Projection der queren Schwingungsebene der in der Polarisationsebene *kl* befindlichen Aethertheilchen. Man hat kreisförmige und elliptische Polarisationen außer der geradlinigten. Der Name bezeichnet hier schon die Verschiedenheit der Schwingungsarten.

Einfach und doppelt brechende Körper.

§. 160. Wir nahmen bisher an, daß der schwingende Lichtäther nach allen Seiten hin gleichförmig elastisch ist. Dieses bestättigt sich allerdings für Körper, die das Licht einfach ablenken. Die doppelte Brechung anderer Stoffe dagegen geht daraus hervor, daß die Elasticität des in ihnen enthaltenen Lichtäthers mit den drei verschiedenen Dimensionen des Raumes abweicht.

Gleichheit oder Ungleichheit der Elasticitätsachsen.

Fig. 27.



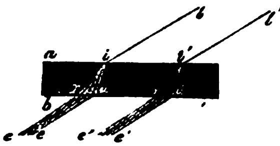
Stellen wir uns die Sache bildlich dar, so können wir die Größe der Elasticität, die nach einer Dimension hin gegeben ist, durch eine Linie, die man die Elasticitätsachse nennt, ausdrücken. Wir erhalten daher im Ganzen drei Elasticitätsachsen, eine *ab* Fig. 27 von vorn nach hinten, eine auf ihr senkrechte *cd* von rechts nach links und eine auf beiden perpendilulåre *ef* von oben nach unten. Diese Linien *ab*, *cd* und *ef* haben die gleichen Längenwerthe in den einfach brechenden Massen, wie der Luft, dem Wasser, dem gewöhnlichen Glase. Ist dieses nicht der Fall, so erhalten wir einen doppelt brechenden Körper. Es können aber hierbei zwei Hauptfälle vorkommen. Die zwei Elasticitätsachsen z. B. *ab* und *cd* sind unter einander gleich, aber von der dritten *ef* verschieden oder

alle drei liefern abweichende Längenwerthe. Der erste Fall führt zu den einachsigen und der zweite zu den zweiachsigen doppelt brechenden Körpern. Der Kalkspath, der phosphorsauere Kalk sind optisch einachsig, der Glimmer, der Gyps, das Seignettesalz und der Zucker zweiachsig.

Verschiedene Brechbarkeit der einzelnen farbigen Wellen.

§. 161. Tritt ein Lichtstrahl aus einem Mittel in ein zweites von anderer Dichtigkeit über, so wird er von seiner geradlinigten Bahn abgelenkt. Diese Aenderung des Weges erzeugt die Brechung des Lichtes. Ihre Größe hängt zunächst von der Beschaffenheit der beiden hier in Betracht kommenden Durchgangskörper ab. Wenn daher ein aus der Luft kommender Strahl durch Glas dringt, so wird der Ablenkungscoefficient, den das Glas der Atmosphäre gegenüber darbietet, den Erfolg bestimmen müssen. Die verschiedenen Farben, Roth, Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violett, bilden ein zweites Bedingungsglied. Die rothen Strahlen werden nämlich am Schwächsten und die violetten am Stärksten abgelenkt.

Fig. 28.



Treten jene aus der Luft in Wasser über, so haben sie nur 1,3309, diese dagegen 1,3442 als Brechungscoefficienten. Denken wir uns, ein farbloser Lichtstrahl *li*, der eine Mischung aller möglichen Farbenwellen enthält, müsse durch die Masse *ab* Fig. 28, welche keine parallele Begrenzungsflächen hat, hindurchgehen, so werden die rothen Strahlen als *ir* und die violetten als *iu* zum Vorschein kommen. Treten die einzelnen gefärbten Wellenzüge *re* und *ue* so aus, daß das Auge die Farbenunterschiede wahrnehmen kann, so erhält man natürlich ein farbiges statt eines ungefärbten Bildes. Die Chromasie der Linsen und des menschlichen Auges beruht auf dieser Erscheinung. Es stellt sich daher die Aufgabe, die Mikroskope und die Fernröhre achromatisch zu machen, d. h. es so einzurichten, daß möglich wenig unrichtige Farben in Folge der Lichtbrechung zu Stande kommen.

Wellenlänge.

§. 162. Denken wir uns, *AB* Fig. 29 sei die Bahn eines Licht-

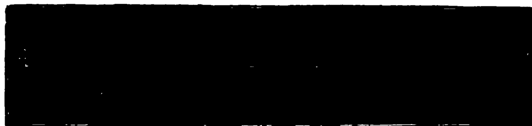
Fig. 29.



strahles und die Bewegung der Molecüle des Lichtäthers beginne in *b*, so wird es eine gewisse Zeit dauern, ehe sich die Unruhe von hier bis *B* fortpflanzt. *b* muß schon einen Theil seiner halben Schwingungsbahn *bb'* zurückgelegt haben, wenn sich sein Nachbarmolecül zu bewegen anfängt. Da sich dieses von Atom zu Atom fortsetzt, so giebt es ein Molecül *c*, das erst zu schwingen anfängt, wenn *b* einen vollständigen Bewegungscyclus von *b* nach *b'*, zurück von *b'* nach *b*, dann von

b nach b'' und wiederum von b'' nach b durchgemacht hat. Die Entfernung bc heißt die Wellenlänge. Sie bildet also den Abstand zweier

Fig. 30.



Molecüle, die in allen Zeittheilchen gleichartig schwingen, von denen aber das eine eine ganze vollständige Schwingung der Zahl nach voraus hat. bf wird unter diesen Verhältnissen der halben Wellenlänge entsprechen.

Verschiedene Länge der Farbenwellen. §. 163. Die Farben unterscheiden sich durch ihre Wellenlänge. Diese beträgt 645 Milliontheile eines Millimeters für das äußerste Roth des Farbenspectrums. Orange hat 583, Gelb 551, Grün 512, Hellblau 475, Dunkelblau 449 und das äußerste Violett 406 für den Abstand bc Fig. 30.

Schwingungszahl der Farbenwellen. §. 164. Bleibt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit die gleiche, so muß sich natürlich die Zahl der in einer Zeiteinheit zu Stande kommenden Schwingungen umgekehrt, wie die Wellenlänge verhalten. Es wird daher der kleinste Werth dem äußersten Roth und der größte dem äußersten Violett zukommen. Jenes liefert 439 und dieses 697 Billionen Schwingungen für die Zeitsecunde. Diese Werthe gelten für die Luft. Tritt hingegen der Lichtstrahl in ein stärker brechendes Mittel über, so verkleinert sich die Größe der Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

Interferenz. §. 165. Die Ruhe oder die Bewegung eines Aethermolecüles b, Fig. 30, wird von der Größe und der Richtung der Kräfte, die auf dasselbe einwirken, abhängen. Denken wir uns, zwei Erregungen gleicher Größe stoßen es in denselben Bahnen fort, so wird sich die Intensität seiner Schwingung verdoppeln. Da sie aber die Lichtstärke jedes einzelnen Elementarstrahles bedingt, so muß diese hierbei zunehmen. Nehmen wir dagegen an, eine Kraft suche b, Fig. 30, nach bb'', und eine zweite eben so große nach bb' gleichzeitig zu treiben, so müssen sich diese beiden Anregungen wechselseitig aufheben. Das Molecül b bleibt in Ruhe, d. h. es wird trotz des doppelten Anstoßes Dunkelheit erzeugt. Man nennt diese Erscheinung die vollkommene Interferenz des Lichtes.

§. 166. Nehmen wir an, AB und CD sind zwei Lichtstrahlen,

Fig. 31.



welche unter einem möglichst kleinen, für die Betrachtung zu vernach-

lässigenden Winkel zusammentreffen, und die ihnen entsprechenden Wellen gehen gleichläufig dahin, so werden die Molecüle *b*, *c*, *d*, *d'* mit der zweifachen Intensität schwingen, als wenn nur einer der beiden Strahlen vorhanden wäre. Dieses kann aber nur geschehen, wenn der Gang der Lichtstrahlen um das Zweifache, das Dreifache oder überhaupt das Multiplum einer ganzen Wellenlänge *ad'* abweicht. Wir haben also hier Verstärkung des Lichtes. Weichen dagegen die Wege um eine halbe Wellenlänge ab, so erhalten wir das vollkommene Interferenzbild, wie es Fig. 32 darstellt. Das in der Mitte zwischen *a*

Fig 32.

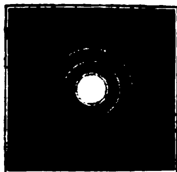


und *c* liegende Aethermolecül würde bis *b* schwingen, wenn nur der Strahl *AB* vorhanden wäre. Man sieht aber aus dem punktirten *CD* entsprechenden Wellenzuge, daß es mit derselben Kraft gleichzeitig nach oben gewendet wird. Es bleibt daher in Ruhe. Es ergiebt sich aber von selbst, daß ein Gangunterschied der Strahlen *AB* und *CD*, der eine halbe Wellenlänge oder ein ungerades Vielfache derselben beträgt, dieses vernichtende Wechselspiel der Kräfte bedingen muß. Jener bestimmt daher, ob Licht mit Licht verbunden Helligkeit oder Finsterniß liefert.

§. 167. Müssen sich die Erschüterungen des Lichtäthers durch einen engen Spaltraum fortpflanzen, so erleiden ihre Wellen gewisse Veränderungen, deren Folgen man mit dem Namen der Beugung des Lichtes bezeichnet. Man kann sich die Erscheinung bildlich darstellen, wenn man sie mit dem Zusammentritt und der späteren Ausbreitung der Wellen eines strömenden Wassers, das durch eine schmale Schleuße fließt, zu vergleichen sucht. Diese Veränderung der Lichtwellen führt zu den mannigfachsten Interferenzerscheinungen. Beugung des Lichtes.

§. 168. Fängt man einfarbige Lichtstrahlen, welche durch eine sehr kleine runde Oeffnung durchgegangen sind, auf einem Schirm auf oder betrachtet sie unter einem optischen Vergrößerungsinstrumente, so sieht man eine mittlere helle gefärbte Kreisfläche, die von einer Reihe dunkler und heller Ringe, wie es Fig. 33 zeigt, umgeben wird. Die vollkommene Interferenz der hinter der engen Spalte sich ausbreitenden Lichtwellen erzeugt die schwarzen Ringbänder, deren Breite von der Wellenlänge abhängt. Sie wechselt daher mit der Verschiedenheit der Farben. Haben wir z. B. ein rothes Glas zwischen dem Sonnenstrahl und der Durchgangsöffnung eingeschoben, so erhalten wir verhältnißmäßig die breitesten Streifen, weil sich hier die längsten Lichtwellen interferiren. Violett liefert dagegen

Fig. 33.



die schmalsten Bänder. Man besitzt daher auf diese Weise ein Mittel, die Wellenlängen der einzelnen Farben auszumessen.

Interferenzfarben.

§. 169. Wiederholt man den gleichen Versuch mit farblosem Sonnenlicht, so findet man, daß eine Reihe regenbogenfarbiger Ringbänder den hellen Mittelkreis umgiebt. Das farblose Licht besteht aus einer Mischung aller möglichen farbigen Lichtwellen, die unser Auge im Einzelnen nicht mehr unterscheiden kann. Da aber die Breite der dunkelen und der hellen Streifen mit der Verschiedenheit der Wellenlängen der Farben wechseln, so werden dann gewisse Farben an manchen Stellen größtentheils oder gänzlich verlöscht, während andere an Lichtstärke gewinnen. Das sogenannte farblose Licht führt daher auf diese Weise zu Interferenzfarben oder entoptischen Färbungen. Man findet sie z. B., wenn das Licht durch sehr enge Spalten, dünne Flüssigkeitsschichten oder ungleiche Blättchen fester Körper hindurchtreten muß. Das Schillern der Sehnen, der Tapete des Auges der Säugethiere oder des Bauchfelles einzelner Fische, die röthliche Farbe, welche die faserähnlichen Elementartheile des thierischen Zellgewebes unter starken Vergrößerungen darbieten, sind solche physikalische Nebenfärbungen, die ursprünglich nicht existiren.

Polarisation der beiden Strahlen doppelt brechender Körper.

§. 170. Wenn ein Lichtstrahl $a\,b$, Fig. 34, einen einfachen Brechungskörper durchsetzen muß, so wird er nur nach Maaßgabe der Brechungsverhältnisse abgelenkt. Er geht z. B. in $b\,c$ oder $b\,d$ dahin, je nachdem sich dieser Einfluß in stärkerem oder geringerem Maaße geltend macht. Er bleibt aber in jedem Falle einfach, wie er früher war. Tritt er hingegen durch Kalkspath oder eine andere doppelt brechende Verbindung, so liefert er meist zwei Wellenzüge oder zwei Strahlen $b\,c$ und $b\,d$. Man sieht dann zwei Bilder eines und desselben Gegenstandes. Der eine Strahl, den man den ordentlichen nennt, folgt den Gesetzen der gewöhnlichen Brechung. Er hat einen bestimmten gegebenen Ablenkungscoefficienten. Der zweite dagegen oder der außerordentliche liefert einen Brechungsexponenten, der mit der Verschiedenheit der Eintrittsrichtung des erregenden Strahles innerhalb gewisser Grenzen zu- oder abnimmt. Beide Strahlen enthalten polarisirtes Licht und zwar so, daß die Polarisationsebene des einen auf der des anderen senkrecht steht. Stellen wir uns vor, $b\,c\,d\,e$, Fig. 35, sei die auf dem Lichtstrahl senkrechte Querebene und die Polarisationsebene des ordentli-

Fig. 34.

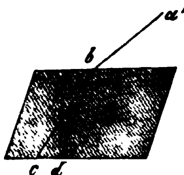


Fig. 35.





Fig 36.

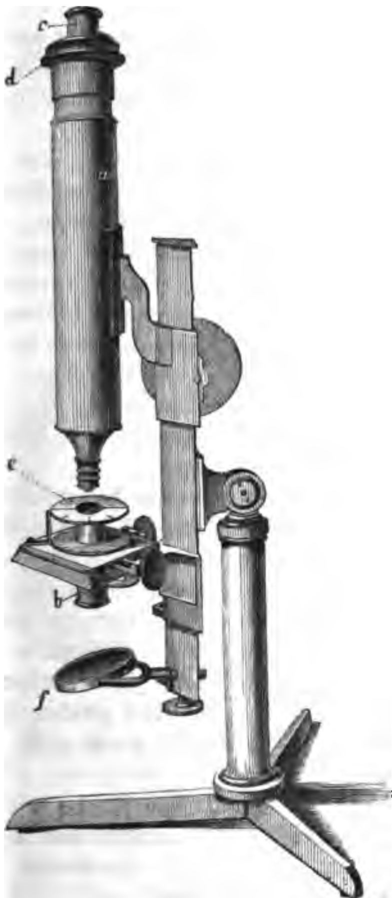


chen Strahles entspreche *fg*, so wird die des außerordentlichen *kl* gleichen, wenn *fak* einen rechten Winkel bildet.

§. 171. Ein Nicol'sches Prisma besteht aus zwei in bestimmten Richtungen geschnittenen Kalkspathprismen, *abd* und *dbc*, Fig. 36, die mit Canadabalsam in *bc* zusammengeleimt worden. Dringt hier ein Lichtstrahl von *bc* aus nach oben hin durch, so wird das ordentliche Bild von dem Canadabalsam *bd* zurückgewiesen. Das außerordentliche dagegen tritt wieder zu *ad* und zwar einfach und nicht doppelt gebrochen, weil die Hauptschnitte von *abd* und *dbc* parallel sind, heraus. Ein solches Prisma gewährt daher den Vortheil, daß es ein einziges polarisirtes Lichtbild liefern kann. Nicol'sches Prisma.

§. 172. Man untersucht manche optische Eigenschaften der thierischen Gewebe unter einem mit einem Polarisationsapparate versehenen Mikroskope, wie es Fig. 37 abgebildet ist. Ein eingefaßtes Nicol'sches Prisma *b* befindet sich unter dem Objecttische zwischen dem Beleuchtungsspiegel *f* und der mit einer Kreiseintheilung versehenen und wagerecht drehbaren Objectscheibe *e*. Der oberste Theil des Mikroskoprohres *a* trägt eine in 360 Grade getheilte Kreisplatte *d*, auf der der Zeiger der Fassung eines zweiten, über dem Ocular aufstellbaren Nicol'schen Prisma *c* wagerecht spielen kann. Das untere Nicol heißt das polarisirende, das obere dagegen das analysirende Prisma. Polarisationsmikroskop.

Fig. 37.



Denken wir uns *c* hinweg, so wird man den auf *e* befindlichen Gegenstand nur in polarisirtem Lichte mittelst des unteren Nicol *b* erblicken, sobald ein Deckelschirm alles Seitenlicht abzuhalten im Stande ist. Fügen wir das obere Nicol hinzu, so müssen sich die Verhältnisse mit der Stellung desselben verschieden gestalten.

Gesetzt, *fg*, Fig. 38 (s. die folgende Seite), sei die Polarisationsebene der von dem unteren Prisma heraufkommen-

den Lichtstrahlen, so werden sie ungehindert durchgehen, wenn der obere eine Polarisationsebene von gleicher Lage darbietet. Dieses ist z. B. bei 0° und 180° der Einstellung an der Gradscheibe *d*, Fig. 37, der Fall. Wir erhalten dann die möglichst größte Stärke der Helligkeit. Drehen wir dagegen das obere Prisma *c*, Fig. 37, so daß der Zeiger auf 90° oder 270° weist, so entspricht seine Polarisationsebene *kl*, Fig. 38, während die von dem unteren Nicol heraufkommenden Bündel in *fg* polarisirt sind. Es können daher die Lichtstrahlen, deren Molecüle auf der Polarisationsebene senkrecht schwingen, das obere Nicol nicht durchsetzen. Wir haben die größtmögliche Dunkelheit. Da alle Zwischenrichtungen einen Theil des Lichtes durchlassen und einen anderen zurückweisen, so ergiebt sich im Voraus, welche Erscheinungen die Stellungsveränderung des oberen Nicol liefern muß. Drehen wir es in einem ganzen Kreise herum, so haben zwei Orte der größten Helligkeit, nämlich 0° und 180° und zwei der größten Dunkelheit, 90° und 270°. Die Helligkeit wird von 0° zu 90° und von 180° zu 270° abnehmen und von 90° zu 180° oder von 270° zu 0° erhöht werden.

Fig. 38.



Circularpolarisation.

§. 173. Diese Thatsache reicht schon hin, um uns die Art und Weise, wie man den Zucker- oder den Eiweißgehalt thierischer Flüssigkeiten z. B. des Harnes mit dem Polarisationsapparate bestimmt, verständlich zu machen. Viele Flüssigkeiten und Gase und unter den festen Körpern der Bergkrystall besitzen die Eigenschaften, die Polarisationsebene der durch sie hindurchtretenden Lichtstrahlen um einen bestimmten Winkel in wagerechter Bahn abzulenken. Gesetzt, diese verliefe in *fg*, Fig. 38, so wird sie z. B. in *hi* dahingehen, wenn sie nach rechts, und in *mn*, wenn sie nach links gewendet worden. Man erhält auf diese Weise eine sogenannte Circularpolarisation. Der Körper, der sie erzeugt, besitzt ein gewisses Drehungs- oder Rotationsvermögen.

Reines Stärkmehl, wie z. B. das Inulin, wendet das polarisirte Licht nach links (←), das Dextrin hingegen, in das es bei der Gährung, wenn es Traubenzucker wird, zuerst übergeht, nach rechts (→). Ist der Traubenzucker noch nicht fest geworden, sondern von Anfang an aufgelöst geblieben, so dreht er die Polarisationsebene nach der linken Seite. Der reine Rohrzucker, der Candiszucker und der Milchzucker liefern eine nach rechts sehende Abweichung. Die Größe des Drehungswinkels hängt von der Dichtigkeit der Lösung unter sonst gleichen Verhältnissen ab. Enthält diese nur 1 % Candiszucker, so gleicht z. B. der Drehungsbogen 0° 53′. Er beträgt dann 10° 10′ für 11 %.

Denken wir uns nun, wir hätten eine Röhre, Fig. 39, die mit einer durchsichtigen Glasplatte unten geschlossen ist, zwischen dem polarisirenden und dem analysirenden Nicol eingeschaltet, so werden sich die oben erwähnten Verhältnisse von Hell und Dunkel nicht ändern,

wenn das Rohr Wasser oder eine andere gleichgültige Flüssigkeit einschließt. Steht das obere Nicol fg entsprechend, so haben wir hell und für kl dunkel. Ersetzen wir dagegen das Wasser durch eine Auflösung von Candiszucker, so wird die Polarisationsebene um einen gewissen Winkel fah nach rechts gedreht. Das größte Hell muß daher jetzt nicht mehr fg, sondern hi entsprechen.

Fig. 39.



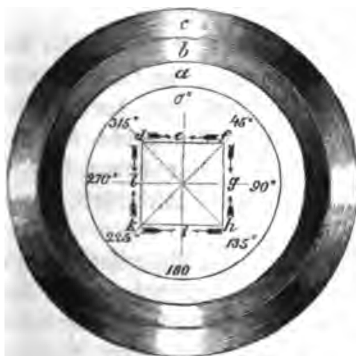
Fig. 40.



§. 174. Kehren wir zu dem Fig. 37 S. 61. abgebildeten Polarisationsmikroskope zurück, so sieht man leicht ein, wie es von den optischen Eigenschaften der auf dem Objecttische e liegenden kleinen Gegenstände Rechenschaft zu geben im Stande ist. Man kann sich hierbei drei Hauptfälle denken. Depolarisirende oder polarisirende Eigenschaften der Gewebe.

1. Der mikroskopische Gegenstand besitzt die Fähigkeit, das polarisirte Licht in gewöhnliches zu verwandeln. Er depolarisirt es, wie man sich auszudrücken pflegt. Es wird daher hierdurch die polarisirende Wirkung des unteren Nicol aufgehoben. Das obere büßt dabei natürlich seine vollkommen interferirenden Eigenschaften ein. Der mikroskopische Körper läßt noch Lichtstrahlen durch die ganze Vorrichtung fortgehen, wenn wir selbst das übrige Gesichtsfeld in Folge der rechtwinkligen Kreuzung der Polarisationsebenen der beiden Prismen verdunkelt haben. Wir können uns diesen Fall unter dem Bilde des vollkommen hellen Lichtrandes a, Fig. 41, versinnlichen.

Fig. 41.

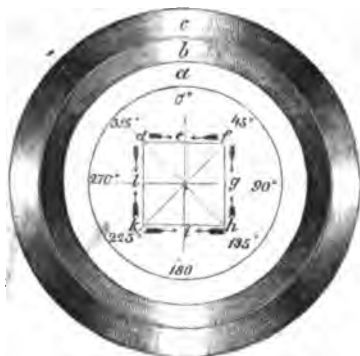


2. Der Körper, den wir vergrößert erblicken, bricht nicht doppelt. Der polarisirt heraufkommende Lichtstrahl wird von seiner geradlinigten Bahn abgelenkt. Er bleibt aber einfach und polarisirt. Nehmen wir an, seine Polarisationsebene falle in 0° und 180°, so erscheint er hell, wenn auch die des analysirenden Nicol in 0° und 180° und dunkel, wenn sie in 90° und 270° steht. Denken wir uns den Gegenstand in Form eines Kreisbandes, so werden wir zwei Orte der größten Helligkeit und zwei der größten Dunkelheit, wie es b, Fig. 41, zu versinnlichen sucht, erkennen müssen. Sie würden um eine gewisse Winkelgröße abgelenkt sein, wenn der eingeschaltete Gegenstand die Polarisationsebene drehen könnte. (§. 173.)

3. Der mikroskopische Körper besitzt doppelt brechende Kräfte. Es trennt sich der polarisirte Strahl, der von dem unteren Nicol herauf-

kommt, in zwei ebenfalls polarisirte Strahlen, deren Polarisationsebenen wechselseitig senkrecht stehen. Wir wollen nun sehen, wie sich die Verhältnisse unter verschiedenen Nebenbedingungen gestalten müssen.

Fig. 42.



Nehmen wir an, die Polarisationsebenen der beiden Nicol liegen in 0° und 180°, so daß das Gesichtsfeld möglichst hell bleibt. Befinden sich die zwei Polarisationsebenen des doppelt brechenden Gegenstandes in *ei* und *gl*, Fig. 42, so kann *ei* mit voller Stärke und *gl* gar nicht durch das obere analysirende Nicol durchschwingen. Wir erhalten das Gleiche, wenn wir die Objectscheibe um 90° drehen, so daß jetzt *ei* mit 90° und 270° und *gl* mit 0° und 180° zusammenfällt. Bildet der doppelt brechende Körper ein Kreisband *c*, Fig. 42, so haben wir vier vollkommen helle Orte, nämlich 0°, 90°, 180° und 270°. Drehen wir das obere Nicol um 90°, lassen aber den Gegenstand selbst unverrückt, so muß sich natürlich das Gleiche wiederholen.

Gesetzt aber die Polarisationsebene des unteren Nicol gehe in 0° und 180°, die des oberen hingegen in 90° und 270° dahin, so wird das Gesichtsfeld dunkel ausfallen. Schalten wir nun die doppeltbrechenden Körper so ein, daß die eine seiner Polarisationsebenen von 45° nach 225° oder in *fk* und die zweite von 135° nach 315° oder in *dh* verläuft, so wird er selbst andere Beziehungen herbeiführen.

Ein Lichtmolecül *g* des oberen Nicol wird von dem Strahle des doppelt brechenden Körpers, dessen Polarisationsebene in *fk* dahingeht, in der Richtung und mit der Kraft *fg* und von dem der anderen Polarisationsebene *dh* in der gleichen Art und Kraftgröße *hg* angeregt. *g* schwingt daher mit doppelter Stärke. Wir haben deshalb hell bei 90°. Da sich das Gleiche für *i*, *l*, *e* und *k* wiederholt, so erhalten wir vier helle Stellen im ganzen Umkreise.

Das Molecül *f* des oberen Nicol, das zu dessen Polarisationsebene unter 45° geneigt ist und das einer Polarisationsebene des doppelt brechenden Körpers entspricht, muß ein gerade entgegengesetztes Verhalten liefern. Da die einzig mögliche Durchgangsebene des oberen Nicol *gl* ist, so könnte *f* nur mit der Kraftgröße und der Antriebsrichtung *fg* schwingen. Der *dh* entsprechende Strahl des doppelt brechenden Körpers wäre allerdings im Stande, dieser Forderung zu genügen. Allein der zweite Strahl *fk* liefert eine eben so große und entgegengesetzt gerichtete Kraft *fe*. Es muß daher das Molecül *f* des oberen Nicol in Ruhe bleiben. Die Richtung der Pfeile kann dazu dienen, diese ganze

Darstellung näher zu versinnlichen. Wir werden daher bei 45°, 135°, 225° und 315° Dunkel haben.

Fassen wir Alles zusammen, so liefert ein doppelt brechender Körper, der die Gestalt eines Kreisbandes besitzt, vier dunkele und vier möglichst helle Stellen, wie es *c*, Fig. 42, übersichtlich anzeigt. Drehen wir das obere Nicol oder den Gegenstand selbst, so wird nach je 45° hell erscheinen, was früher dunkel war und umgekehrt. Derselbe Wechsel wiederholt sich aber erst nach 90° in einem einfach brechenden Körper. Ein gegebener Punkt desselben zeigt sich nur zwei Mal hell und zwei Mal dunkel im Laufe einer vollständigen Kreisdrehung (*b*, Fig. 42), während der der doppeltbrechenden Masse vier Mal leuchtet und vier Mal schwarz wird (*c*, Fig. 42). Eine depolarisirende Verbindung endlich muß in allen Stellungen hell bleiben (*a*, Fig. 42).

§. 175. Es ereignet sich, vorzüglich in den doppelt brechenden Körpern, daß hierbei Gangunterschiede der Lichtstrahlen zu Stande kommen. Man hat dann nicht bloß dunkele Stellen, welche aus einer vollkommenen Interferenz hervorgehen, sondern auch Polarisations- oder Interferenzfarben des polarisirten Lichtes. Schaltet man z. B. ein passend verfertigtes und entsprechend dickes Gypsplättchen in den Objecttisch des Polarisationsmikroskopes Fig. 37. S. 61. ein, und dreht das obere Nicol in einem ganzen Kreise herum, so erscheint das Gesichtsfeld in dem ersten Viertel der Umdrehung sehr schön grün, in dem zweiten prachtvoll roth, in dem dritten abermals grün und in dem vierten wiederum roth. Die Stärke der Färbung sinkt immer beträchtlicher nach den Grenzen der Quadranten hin.

§. 176. Die in dem thierischen Körper vorkommenden Theile können uns Beispiele fast aller bisher im Allgemeinen betrachteten Fälle liefern. Doppelt brechende Kräfte der organischen Gewebe.

Die mikroskopischen Krystalle von kohlensauerer Kalkerde (Taf. I. Fig. IV.), aus denen der Gehörsand des Menschen, der Säugethiere, der Vögel und einzelner Reptilien, so wie die Kreidemassen der Hüllen des centralen Nervensystems und der Kalksäckchen der Frösche bestehen, liefern die prachtvollsten Polarisationsfarben. Taf. I. Fig. V. zeigt einige in hellem Gesichtsfelde für die Einstellung von 0°, d. h. bei zusammenfallenden Polarisationsebenen beider Prismen, Fig. VI. bei helldunkelem Gesichtsfelde für die Lage von 60° des oberen Nicol und Fig. VII. bei dunklem für die Stellung von 90°. Keine Zeichnung kann aber das metallische oder sternartige Leuchten und die schöne Farbenstärke, die man in dem letzteren Falle sieht, wiedergeben. Taf. I. Fig. VIII. stellt die gleichen Erscheinungen für die krystallinischen Kugeln, die in dem Harne des Pferdes vorkommen (Taf. II. Fig. XX.), dar. Es versteht sich übrigens von selbst, daß die Färbungen mit der Art, wie jene Gebilde auf der Glasplatte des Objecttisches liegen, durch welche Flächen und in welchen Bahnen die Lichtstrahlen durch sie hindurchgehen,

wechseln. Eine aufmerksame Betrachtung der Abbildungen kann dieses näher versinnlichen.

Man muß es in den gewöhnlichen Untersuchungen nicht selten unentschieden lassen, ob sehr kleine Körper Krystalle sind oder nicht, weil sich ihre Formen zu unbestimmt selbst unter stärkeren Vergrößerungen darstellen. Der Glanz, der sie in dem dunkelen Gesichtsfelde des Polarisationsmikroskopes auszeichnet, kann in solchen Fällen zur Begründung eines bestimmteren Urtheiles hin und wieder benutzt werden.

§. 177. E. v. Erlach fand, daß die meisten Gewebe der Pflanzen und der Thiere zu den doppelt brechenden Körpern gehören. Es wird daher eine Muskel- oder eine Nervenfaser, die man kreisförmig eingelegt hat, vier tiefste Schatten- und vier größte Lichtstellen, die unter einander um je 45° entfernt sind, wie es c Fig. 42 schematisch andeutet, darbieten. Dreht man die Objectscheibe *e* Fig. 37, so müssen die früheren dunkelen Stellen hell und die hellen dunkel werden. Die Wendung des analysirenden Prisma führt zu ähnlichen Wechselerscheinungen. Haben die Theile einige Zeit in Wasser gelegen und sich hierdurch getrübt, so erhöht sich die Wirkung.

§. 178. Concentrisch geschichtete Gewebe können zweierlei Verhältnisse liefern. Die doppelt brechende Kraft der einzelnen sehr dünnen Lagen der Krystalllinse verräth sich nach Erlach so gut als gar nicht in polarisirtem Lichte. Es treten hier vielmehr diejenigen optischen Erscheinungen, welche eine Reihe von Platten einfach brechender Körper liefern würde, in den Vordergrund. Ein gewöhnlicher Lichtstrahl, der zu einem sogenannten Plattensatze, d. h. zu einer Menge über einander liegender Glasplatten hervorkommt, tritt polarisirt heraus. Wiederholt sich das Gleiche für die Krystalllinse, so wird das Schema *b* Fig. 42 auftreten, wie es Erlach in der That beobachtete. Die Krystalllinse des Menschen und des Frosches giebt das Taf. I. Fig. XII. gezeichnete Kreuz in dunkelem Gesichtsfelde mit großer Deutlichkeit.

§. 179. Die Stärkmehlkörner bestehen ebenfalls aus einer Menge mehr oder minder excentrisch herumgehender Schichten, deren Centralpunkt der sogenannte Nabel bildet. Ihre doppelt brechende Kraft macht sich auf das Nachdrücklichste geltend. Taf. I. Fig. IX. zeigt uns ein großes Stärkmehlkorn der Kartoffel in dem hellen Gesichtsfelde. Man sieht die hellen und die dunkelen Streifen nach dem Mittelpunkte der ungleichen concentrischen Schichtung oder dem Nabel dahinstreichen. Fig. X. ist dasselbe Korn in dunkelem Gesichtsfelde, das durch Drehung des oberen Nicol um 90° erzeugt worden. Die scharfen schwarzen Linien befinden sich da, wo früher Lichter waren, und die hellen Massen, wo sich vorher die Schatten zeigten. Fig. XI. stellt endlich das gleiche Stärkmehlkorn in dem gleichen dunkelen Gesichtsfelde, nachdem es mittelst der Objectscheibe so weit gedreht worden, daß die Schatten den dunkelen Stellen von Fig. IX. und den hellen von Fig. X. ent-

sprachen. Die dunkelen Linien weichen jetzt von denen des zweiten Falles um 45° ab.

Liegt der Nabel gerade in der Mitte des sichtbaren Theiles eines rundlichen Stärkemehlkornes, so bilden die dunkelen Linien ein rechtwinkeliges schwarzes Kreuz. Hat man einen excentrischen Nabel, so verziehen sich die vier schwarzen Strahlen. Die Unregelmäßigkeit kann dann sogar noch eine oder mehrere überschüssige Schattenstreifen zur Folge haben. Fig. 43 und 44 werden diese Erscheinung näher versinnlichen.

Fig. 43.

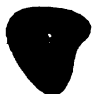
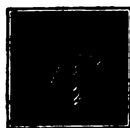


Fig. 44.



§. 180. Die Untersuchung unter polarisirtem Lichte führt bisweilen zu den prachtvollsten Farbenerscheinungen. Sie liefert daher die anziehenden Bilder, die man unter dem Mikroskope wahrnehmen kann. Sie hat aber überdies eine große Bedeutung für die Physiologie aus einem anderen Grunde. Die Verhältnisse der Lichtschwingungen verrathen Molecularbedingungen, die man auf keinem anderen Wege, wenigstens mit gleicher Feinheit zu erkennen vermag. Es wäre daher leicht möglich, daß die Nerven und die Muskeln in den Zuständen der Ruhe oder der Thätigkeit, unter regelrechten oder krankhaften Nebenbedingungen Unterschiede darbieten, die sich nur auf diesem Wege ermitteln ließen.

§. 181. Während die Cohäsion und der Druck die gegenseitige Anziehung der Atome der Körper unterhalten, sucht sie die Wärme wechselseitig zu entfernen. Es werden daher alle wägbaren Stoffe unter dem Einflusse höherer Temperaturgrade ausgedehnt. Wärmeausdehnung.

Der Cohäsionszustand führt hier zu den wesentlichsten Verschiedenheiten. Elastisch flüssige Massen gehorchen weit mehr den Antrieben der Wärmeerregungen, als tropfbar flüssige oder feste Körper.

§. 182. Wenn sich die Wärme von 0° C. auf 100° erhöht, so verlängert sich eine Glasröhre um $^1/_{1095}$ bis $^1/_{1288}$, ein Stab von Eichenholz um $^1/_{833}$ und ein solcher von Zinn um ungefähr $^1/_{400}$. Das Wasser zeigt die Eigenthümlichkeit, daß seine größte Dichtigkeit nicht auf 0° C., sondern nahe bei 4° C. fällt. 1 C. C. wiegt auch erst bei 4° und nicht bei 0° C. gerade 1 Grm. Legt man aber den Zustand von 4° C. als Einheit zum Grunde, so beträgt die Dichtigkeit des reinen Wassers 1,043 bei 99° bis 100° C. und 1,0066 bis 1,0069 bei 37° bis 38° C. Enthält das Wasser andere Körper, so änderen sich diese Beziehungen zu den Wärmeverhältnissen. Sind z. B. in ihm 1,23 % Kochsalz aufgelöst worden, so fällt das Maximum der Dichtigkeit auf 1°,19 C. Wärmeausdehnung fester und tropfbar flüssiger Massen.

§. 183. Man sieht leicht, daß die Schwankungen der Temperatur die absoluten Raumverhältnisse der festen und der tropfbar flüssigen Theile unseres Körpers um eine nur unbedeutende und in den gewöhnlichen Betrachtungen zu vernachlässigende Größe ändern werden. Wir haben dagegen §. 110 gesehen, daß die Erhöhung der Wärme den

Durchgang der Flüssigkeiten durch feine Röhren wesentlich beschleunigt und diejenigen Erscheinungen, in welchen die Cohäsion in Betracht kommt, beträchtlich ändert. Die Temperaturunterschiede werden daher einen bedeutenden Einfluß auf diesem Felde gewinnen können.

Gebundene Wärme der Dämpfe. §. 184. Jeder feste oder tropfbar flüssige Körper besitzt wahrscheinlich die Fähigkeit, sich in eine elastisch flüssige Masse oder in Dampf unter dem Einflusse eines gewissen Wärmegrades zu verwandeln. Es geht dabei eine bestimmte Wärmemenge verloren. Sie wird, wie man sich ausdrückt, durch die Verdunstung gebunden oder latent gemacht. Kehrt der Dampf in den tropfbar flüssigen Zustand zurück, so kommt jene latente Wärme in freiem Zustande von Neuem zum Vorschein. Die Verdunstung liefert daher ein Abkühlungs- und die Verdichtung der Dämpfe zu tropfbaren Flüssigkeiten ein Erwärmungsmittel. Die Wasserdämpfe, die aus dem Blute und der Ernährungsflüssigkeit stammen und zu unseren Lungen und der äußeren Haut fortwährend austreten, bilden daher ein Bedingungsglied der Wärmeerniedrigung. Athmen wir kalte Luft ein, so verdichtet sich ein Theil der Dämpfe, welche die wärmere, schon von früher her in den Lungen vorhandene Athmungsluft besitzt, zu tropfbar flüssigem Wasser. Es wird daher eine gewisse Wärmemenge frei gemacht.

Wärmeeinheiten. §. 185. Man führt die gebundene Wärme der Dämpfe auf sogenannte Wärmeeinheiten, d. h. auf Gewichtsmengen der verdunstenden Flüssigkeit, deren Temperatur die gleiche Wärmemenge um 1° C. erhöhen müßte, zurück. Wenn man z. B. sagt, daß die latente Wärme des Wasserdampfes 540 beträgt, so heißt dieses, daß die Wärmemenge, welche die Verdampfung von 1 Grm. Wasser binden kann, 540 Grm. Wasser um 1° C. zu erwärmen vermöchte. Der Weingeist hat in dieser Hinsicht 352 und der Aether 164.

Die gebundene Wärme wechselt übrigens mit der Temperaturgröße. Einzelne Physiker nehmen an, daß die Summe der thätigen gegebenen Wärmegrade und der für diese gefundenen Wärmeeinheit eine beständige Größe liefert, die unter allen Temperaturen wiederkehrt. Der Werth 540 für das Wasser ist bei 100° C. bestimmt worden. Es beträgt daher jene beständige Größe $540 + 100 = 640$. Verdunstet aber das Wasser in unseren Lungen bei einer Temperatur von 37°,5 C., so wird dann die latente Wärme des Wasserdampfes $640 - 37{,}5 = 602{,}5$ betragen. Genauere Erfahrungen scheinen jedoch diese Voraussetzung nicht zu bestätigen.

15,5 Grm. Wasser verdunsten im Durchschnitt stündlich in meinen Lungen. Lassen wir alle feineren Nebenverhältnisse unberücksichtigt und nehmen 602,5 für die latente Wärme bei 37°,5 C. an, so giebt jene Größe eine Abkühlung von 0°2 C. für meine gesammte Körpermasse.

Dampfsättigung. §. 186. Wenn eine Flüssigkeit in einem bestimmten Raume verdunstet, so kann dieser nur eine gewisse Menge von Dämpfen aufnehmen. Enthält er das Maximum derselben, so ist er mit ihnen vollständig gesättigt. Führt er weniger, so erscheint er nur unvollkommen ge-

sättigt. Die Uebersättigung dagegen führt zu dem Ergebnisse, daß sich der Ueberschuß über die vollkommene Sättigungsmenge in tropfbar flüssiger Form abscheidet.

Nimmt man mit Regnault an, daß die bald zu erläuternde Spannkraft des Wasserdampfes 4,600 Mm. Quecksilber für 0° C. beträgt, so können 1000 C. C. Luft, die unter dem Drucke einer ganzen Atmosphäre oder unter 760 Mm. Barometer stehen und auf 0° C. abgekühlt sind, höchstens 4,9 Milligramm Wasserdunst aufnehmen. Enthalten sie nur 4, 3, 2 oder 1 Milligramm, so sind sie unvollkommen gesättigt. Dringen wir ihnen dagegen 6 Milligramm Wasserdampf auf, so werden sich 1,1 Milligramm als tropfbar flüssiges Wasser niederschlagen.

§. 187. Wir wollen annehmen, wir hätten drei Barometerröhren vollständig mit Quecksilber gefüllt und es, wie Fig. 45 zeigt, unter Quecksilber $v v'$ abgesperrt, senkrecht aufgestellt. Es wird dann das Quecksilber, so weit es der Luftdruck gestattet, bis c herabsinken. Lassen wir nun einen Wassertropfen in b' emporsteigen, so fällt es tiefer z. B. t hinab. Führen wir einen Aethertropfen auf die gleiche Weise in die rechts gezeichnete Röhre b'' ein, so wird das Quecksilber noch weiter hinabgetrieben. Spannung der Dämpfe.

Fig. 45.



Der Grund dieser Erscheinung liegt in den Nebenwirkungen der Dunstbildung. Der in b' befindliche Wassertropfen sättigt den über dem Quecksilber befindlichen Raum mit Wasserdünsten. Diese besitzen aber eine gewisse Kraft, mit der sich ihre Molecüle abstoßen, mit der sie sich auszudehnen suchen, einen bestimmten Grad von Spannkraft, von Tension oder Elasticität. Sie drücken auf das Quecksilber und liefern mithin einen Gegendruck für die Spannung der äußeren Atmosphäre, welche die Quecksilbersäule auf die ursprüngliche Höhe c emporgetrieben hat. Diese muß deshalb in entsprechendem Grade heruntergehen. Da die Aetherdämpfe eine weit größere Spannkraft unter sonst gleichen Verhältnissen, als die Wasserdünste darbieten, so sinkt auch das Quecksilber in der rechten Röhre b'' beträchtlicher, als in der zweiten b'.

Nehmen wir an, c Fig. 45, stehe 760 Mm. höher, als der Quecksilberspiegel von $v v'$, der Barometerstand und die Temperatur blieben unverändert, so wird t nur 755,4 Mm. bei 0° C. betragen. Die Spannkraft des Wasserdampfes gleicht daher 4,6 Mm. Quecksilber unter diesen Nebenbedingungen. Wäre die der Aetherdünste 158 Mm., so würde das Quecksilber der dritten Röhre auf 602 Mm. heruntergehen.

Diese Werthe gelten nur für die vollkommene Sättigung. Die unvollkommene liefert eben so gut eine geringere Spannkraft, als ein verdünnteres Gas einen geringeren Druck auszuüben vermag.

Aenderung der Dampfbildung in Folge des Druckwechsels.

§. 188. Wenn sich ein Raum, der keine verdunstbare Flüssigkeit enthält, mit Dämpfen hingegen gesättigt ist, durch die Verminderung des auf ihm lastenden Druckes vergrößert, so hört der Zustand der vollkommenen Sättigung auf. Die Dämpfe verdünnen sich gleichsam. Ihre Spannkraft sinkt in diesem Falle. Verstärkt man dagegen den Druck, unter dem die Sättigung bei einer gewissen Temperatur Statt gefunden hat, so schlägt sich eine der Raumabnahme entsprechende Dampfmenge in tropfbar flüssiger Form nieder.

Wir sahen, daß 1000 C. C. Luft von 0° C. 4,9 Milligramm Wasserdünste im Zustande der Sättigung bei 760 Mm. Barometer führen können. Die Spannung gleicht aber 4,6 Mm. Gesetzt, die Temperatur bliebe unverändert, es ginge hingegen der Druck auf 380 Mm. hinab, so muß jene Luftmasse 2000 C. C. einnehmen. Diese sind dann für 0° C. nur zur Hälfte gesättigt. Die Dämpfe besitzen deshalb auch eine geringere Spannkraft.

Hätten wir den Druck auf 2 Atmosphären oder 1,52 Meter erhöht, so würden jene 1000 C. C. jetzt 500 C. C. betragen. Diese können aber nur 2,45 Milligramm Wasserdampf bei 0° C. aufnehmen. Es werden sich daher auch 0,002 Grm. flüssigen Wassers niederschlagen. Man kann daher im Allgemeinen behaupten, daß der Druck die Verhältnisse nur insofern ändert, als er die zu Gebote stehenden Verdampfungsräume zu- oder abnehmen läßt.

Raumvergrößerung durch Dampfbildung.

§. 189. Es ergiebt sich aus dem Früheren, daß sich die Spannung der Dämpfe und der äußere Luftdruck wie zwei Gegenkräfte verhalten. Sättige ich z. B. einen Luftraum, der 760 Mm. Barometer und 0° C. hat, mit Wasserdämpfen, so ist es für ihn dasselbe, als wenn der äußere Luftdruck nur 755 Mm. betrüge. Da sich aber die Gase ihren Druckkräften entsprechend ausdehnen, so liefert die Dampfsättigung ein Mittel der möglichen Raumvergrößerung. Diese Thatsache macht sich für unsere Athemluft geltend.

Nehmen wir an, wir athmeten in einer völlig trockenen Atmosphäre von 0° C. und von 760 Mm. Barometerstand und unser Athem, der in den Lungen mit Wasserdunst gesättigt worden, trete mit einer Wasserdampfspannung von 35,359 Mm. heraus, so wird dieses zur Folge haben, daß unsere Ausathmungsluft nur einen äußeren Druck von 724,641 Mm. zu tragen hat. Lassen wir die Unterschiede der Wärmeausdehnung unberücksichtigt, so würde die Athemluft 104,98 C. C. einnehmen, wenn sie 100 C. C. in völlig getrocknetem Zustande entsprochen hätte.

§. 190. Eine Flüssigkeit kocht ungehindert, wenn die Spannkraft ihrer Dämpfe bei der Temperatur der Siedhitze dem äußeren Luftdrucke gleicht. Die Wasserdämpfe haben daher auch am Meeresspiegel 760 Mm. Spannkraft bei 100° C. Gehen wir dagegen auf einen hohen Berg, dessen Barometerstand beträchtlich tiefer liegt, so wird das Wasser unter 100° C. kochen können.

Dieser Einfluß des Barometers macht sich auch auf die Verdunstung

bei niederen Wärmegraden geltend, weil der Raum, der die Dämpfe aufnimmt, verhältnißmäßig vergrößert oder die die Spannkraft hindernde Gegenkraft verkleinert wird. Die Lungen und die Haut entlassen daher auch unter sonst gleichen Verhältnissen mehr Wasserdämpfe bei tiefem, als bei hohem Barometerstande.

§. 191. Während der Druck gewissermaaßen nur indirect wirkt (§. 188.), übt die Wärme einen unmittelbareren Einfluß auf die Dampfbildung aus. Die Spannkraft der Dämpfe wächst mit der Temperaturerhöhung in unverhältnißmäßigem Grade. Da aber die Dichtigkeiten der Dämpfe mit den Spannkräften zunehmen, so ergiebt sich von selbst, daß ein gegebener Raum, je höher er erwärmt wird, um so mehr Dampfmasse aufnehmen kann. Beziehung der Wärme zur Dampfbildung.

Haben die Wasserdämpfe nur 4,6 Mm. Spannkraft für 0° C. und 760 Mm. Luftdruck, so beträgt jener Werth 31,548 für 30° C., 35,359 für 32° C. und 46,691 für 37° C. Es wird daher der Wasserdunst 10,15 Mal so dicht bei der letzteren Temperatur, als bei 0° C. ausfallen.

Die Elasticität der Dämpfe steigt sehr rasch in den höheren Wärmegraden. Beträgt sie 760 Mm. oder eine Atmosphäre bei 100° C., so hat sie schon 2 bei 121°,4 C., 10 bei 181°,6 C. und 50 Atmosphären bei 265°,89 C. Diese furchtbare Gewalt der heißen Dämpfe, welche die stärksten Kessel mit Leichtigkeit sprengt, kann sich auch in dem menschlichen Körper geltend machen. Man fand z. B. die Unterleibsdecken von Personen, die in Eisenbahnbränden verunglückt waren, gewaltsam aufgerissen, weil die Spannung der in der Unterleibshöhle erzeugten Wasserdämpfe den Widerstand der Bauchdecken bald überwunden hatte.

§. 192. Wenn 1000 C. C. Luft, die unter 760 Mm. Barometer stehen, nur 4,9 Milligramm Wasserdampf aufnehmen, so kann 1 Liter freier Atmosphäre, der auf 37° C. erwärmt ist, 41 Milligramm enthalten. Man sieht hieraus, daß die Gewichtsmenge der verdunstbaren Wassermenge mit der Erhöhung der Temperatur steigt, daß sie aber weniger, als die Spannkraft wächst. Diese beträgt 4,6 Mm. für 0° und 46,691 Mm. für 37° C. Wäre sie das einzige Bestimmungsglied, so müßte 1 Liter freier Luft 49,74 Milligramm Wasserdampf fassen können.

Der Grund dieses Unterschiedes liegt in der Veränderung der Raumverhältnisse. Wenn wir 1000 C. C. von 0° C. auf 37° C. erwärmen, so dehnen sie sich um 136 C. C. aus. Sie betragen also 1136 C. C. Werden sie aber bei 760 Mm. mit Wasserdämpfen gesättigt, so stehen sie unter einem Drucke von 760 — 46,691 = 713,309 Mm. Jene 1136 C. C. verwandeln sich deshalb in 1210 C. C. Diese können allerdings 49,74 Milligramm Wasserdampf aufnehmen. Wenn wir also das gleiche Volumen mit Dämpfen gesättigter Luft für verschiedene Wärmegrade vergleichen, so haben wir Einheiten, die unter sich selbst nicht gleichwerthig sind. 1 C. C. wärmere Luft beträgt dann an und für sich

weniger, als 1 C. C. kältere. Nur ein stärkerer Druck, der in einem abgeschlossenen Gefäße hergestellt zu werden vermag, würde dieses Mißverhältniß beseitigen können.

Dampfbildung in den Lungen. §. 193. Was hier im Allgemeinen erläutert worden, kehrt Schritt für Schritt in den Athmungserscheinungen wieder. Die Luft wird in den Lungen erwärmt und, wenn sie sich lange genug aufhält, mit Wasserdämpfen vollkommen gesättigt. Die Ausathmungsgase stehen daher unter einer geringen äußeren Spannung. Sie sind deshalb und ihrer Temperaturerhöhung wegen verdünnter als die Einathmungsluft. Die Menge von Wasser, die wir aus unserem Blute hergeben müssen, wechselt mit diesen Grundbeziehungen und der Temperatur oder dem Sättigungszustande der eingeathmeten Luft.

§. 194. Wir wollen den Gaswechsel der Lungen, auf den wir später zurückkommen, der Einfachheit wegen vorläufig bei Seite lassen. Gesetzt, wir athmeten in einer völlig trockenen Luft, die + 15° C. und 760 Mm. Druck hat, und diese würde auf 37° C. in unseren Lungen erwärmt und mit Wasserdunst vollständig gesättigt. 1000 C. C. Ausathmungsluft enthalten unter diesen Verhältnissen 41 Milligramm Wasserdampf. Unser Körper muß aber diese ganze Wassermenge in jenem Falle hergeben. Hätte die Einathmungsluft 13 Milligramm im Zustande der vollkommenen oder 5 Milligramm in dem der unvollkommenen Sättigung enthalten, so wäre unser Blut weniger in Anspruch genommen worden. Es hätte sich einen anderen Ausweg für seine überschüssigen Wassermengen in den Urinwerkzeugen aufsuchen müssen. Es ergiebt sich zugleich hieraus, daß unsere Ausdünstung um so mehr Wasser unter sonst gleichen Bedingungen in Dampfform abführt, je trockener die Luft ist und je größer der Temperaturunterschied der Ein- und der Ausathmungsluft ausfällt. Es erklärt sich hieraus, weshalb wir verhältnißmäßig mehr Wasser entweder durch den Harn oder die Lungen und die Hautausdünstung entleeren können.

Wärmeausdehnung der Gase. §. 195. Der Umfang der Gase nimmt unter dem Einflusse höherer Wärmegrade beträchtlich zu. Diese Eigenschaft wechselt aber quantitativ mit Verschiedenheit der Luftarten. Der Ausdehnungscoefficient ist der auf eine gegebene Volumenseinheit bezogene Bruchtheil, um den der Gesammtumfang eines Gases, wenn er bis zu einer bestimmten Größe erwärmt worden, gewachsen ist.

Ausdehnungscoefficienten der Luftarten. 1 C. C. Atmosphäre liefert z. B. 1,3665 C. C. bei 100° C. Der Ausdehnungscoefficient beträgt daher 0,3665 für diese Wärmegrenze. Man nimmt an, daß sich der Unterschied für die Zwischenwerthe gleichmäßig vertheilt. 1 C. C. atmosphärischer Luft wird daher 1,003665 C. C. bei + 1° C. und 1,136 C. C. bei + 37° C. einnehmen. Er hätte dagegen nur 0,9963 C. C. bei — 1° C. Der Ausdehnungscoefficient der Kohlensäure gleicht 0,37099. 1 C. C. dieses Gases giebt daher 1,137 C. C. bei + 37° C. C. und mithin mehr, als die reine atmosphärische Luft.

§. 196. Dieser Unterschied kehrt in unseren Athmungsbeziehungen wieder. Die Athemluft wird unter sonst gleichen Verhältnissen um so stärker ausgedehnt, je mehr sie sich in den Lungen verhältnißmäßig erwärmen kann. Der Gaswechsel, der das Athmen einleitet, führt aber noch zu einer in genauen Untersuchungen berücksichtigungswerthen Eigenthümlichkeit. Man nimmt aus Mangel an hinreichend feinen Beobachtungen an, daß die Ausdehnungscoefficienten des Sauerstoffes und des Stickstoffes von denen der ganzen Atmosphäre nicht wesentlich abweichen. Wir haben hingegen schon gesehen, daß der der Kohlensäure größer ausfällt. Das Athmen ersetzt einen Theil des Sauerstoffes durch eine gewisse Volumensmenge von Kohlensäure. Denken wir uns den in der Natur selbst nicht Statt findenden Fall, daß 1 Volumen Kohlensäure für 1 Volumen verschluckten Sauerstoffes austreten würde, so müßte der Rauminhalt der Ausathmungsluft des größeren Ausdehnungscoefficienten der Kohlensäure wegen verhältnißmäßig beträchtlicher zunehmen. Ausdehnung der Athmungsluft.

§. 197. Jeder Körper erhöht seine Temperatur unter dem Einflusse äußerer Wärmegrade. Seine Beschaffenheit, sein Molecularzustand bestimmt es aber, wieviel Wärme nöthig ist, damit seine Temperatur um 1° C. steigen könne. Dieser Werth verräth die specifische Wärme oder die Wärmecapacität, die jedem einzelnen Stoffe zukommt. Specifische Wärme.

Mischen wir 1000 Grm. Wasser von 0° C. mit 1000 Grm. von 15° C., so liefert das Ganze 7°,5 C., weil hier die Massen und die Körper die gleichen sind. Wiederholen wir dagegen denselben Versuch mit 1000 Grm. Wasser von 0° C. und 1000 Grm. Quecksilber von 15° C., so erhalten wir nur 0°,4837 C. Das Quecksilber hat also 14°,5163 C. abgeben müssen, damit das Wasser 0°,4837 C. gewinne. Dieses nahm mithin 14,5163 : 0,4837 oder 30,011 Mal so viel Wärme auf, als jenes. Es ist deshalb auch die Wärmecapacität des Wassers 30,011 Mal größer, als die des Quecksilbers. Nimmt man das Wasser als Einheit an, so gleicht die specifische Wärme des Quecksilbers 1 : 30,011 oder 0,033.

§. 198. Manche Körper, wie das Wasser, liefern die gleichen Wärmecapacitäten für alle Temperaturgrade ihrer eigenen Masse. Man legt daher auch die specifische Wärme des reinen Wassers den Werthen, die andere Stoffe besitzen, als Einheit zum Grunde. Viele Körper ändern dagegen ihre Wärmecapacität nach Maaßgabe der Temperatur- und der Cohäsionsverhältnisse. Glas hat z. B. 0,177 für 0° bis 100° und 0,190 für 0° bis 300° C. Die Holzkohle giebt 0,24, die Steinkohle 0,20 und der Diamant 0,15. Es sinkt hier die specifische Wärme mit der Zunahme der Dichtigkeit. Man weiß bis jetzt noch nicht, wie sich diese Einflüsse in den thierischen Geweben geltend machen. Wechsel der specifischen Wärme.

§. 199. Wenn 1 Kilogr. Quecksilber 14°,5 Wärme abgeben muß, um 1 Kilogr. Wasser auf 0°,5 C. zu erwärmen, wenn daher seine specifische Wärme nur 0,033 beträgt (§. 197.), so erhellt von selbst, daß die gleiche Wärmemenge die Gewichtseinheit eines Körpers um so Erwärmung.

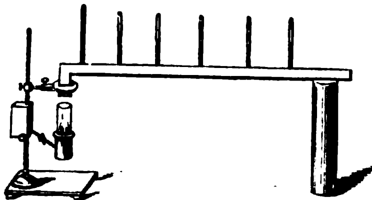
weniger erhitzen wird, je größer dessen Wärmecapacität ausfällt. Die thierischen Gebilde, die kleinere Zahlen liefern, müssen sich hierbei im Vortheil befinden.

Wärmecapacität der thierischen Theile. §. 200. Die meisten, die Gewebtheile betreffenden Angaben rühren aus älteren Zeiten her. Man darf sie daher nur unter dem Vorbehalte der Bestättigung durch neuere feinere Untersuchungsmethoden annehmen. Das hellrothe Schlagaderblut hätte hiernach 1,03 und das dunkelrothe Venenblut 0,89. Dieselbe Wärmemenge, welche 1 Grm. Wasser um 1° C. erhöht, wird daher 1 Grm. Arterienblut nur um 1 : 1,03 oder um 0°,97 C., 1 Grm. Venenblut hingegen um 1 : 0,89, d. h. um 1,12° C. erwärmen. Die Muskeln liefern 0,74 und fette Körper, wie Wachs oder Wallrath 0,45 bis 0,40. Die gleiche Wärmequelle muß hiernach die Temperatur von jenen verhältnißmäßig beinahe ½ Mal und die von diesen ungefähr doppelt so stark, als die des Schlagaderblutes vergrößern.

Wärmecapacität der Athmungsgase. §. 201. Die Gase, welche bei dem Athmen in Betracht kommen, haben nur geringe specifische Wärmewerthe. Die Atmosphäre zeigt 0,267 der Stickstoff 0,275, der Sauerstoff 0,236 und die Kohlensäure 0,221. Erwärmt sich die Athmungsluft in unseren Lungen, so geht deswegen verhältnißmäßig wenig Wärme auf diesem Wege verloren.

Wärmeleitung. §. 202. Wenn ein Körper an einer Stelle erhitzt wird, so pflanzt sich die Wärme von einem Theilchen der Masse zum anderen fort. Versieht man einen festen Stab mit einer Reihe von Löchern, die Quecksilber enthalten und in denen Thermometer, wie Fig. 46 zeigt, aufgestellt worden, so kann man auf diese Weise erfahren, welche Temperaturunterschiede die Entfernungen herbeiführen. Eine Masse, welche die Wärme rasch und vollständig in ihrer ganzen Ausdehnung fortpflanzt, bildet einen guten und eine andere, der die entgegengesetzte Eigenschaft zukommt, einen schlechten Wärmeleiter. Es wird daher die Quecksilbersäule des äußersten rechten Thermometers in dem ersten Falle hoch steigen, sich hingegen in dem zweiten tiefer halten.

Fig. 46.



Die Metalle gehören zu den guten und die Hölzer zu schlechten Wärmeleitern. Wir verbrennen uns daher, wenn wir eine Metallplatte, die an dem einen Ende glühend gemacht worden, an dem andern anfassen wollen. Wir können dagegen einen brennenden Holzspahn, einen angezündeten Baumwollendocht, einen verkohlenden Knochen an einem entfernten Punkte ohne Nachtheil festhalten. Wasser leitet ungefähr 5 Mal schlechter als Kupfer.

§. 203. Denken wir uns, irgend eine warme Quelle sei in einer

Hülle einer fremden Masse eingeschlossen, so wird das Leitungsvermögen von dieser einen bedeutenden Einfluß auf die Wärmeverhältnisse ausüben. Gehört sie zu den guten Leitern, so nimmt sie viel Wärme auf und giebt sie dann an die umgebende Luft nach Maaßgabe des Temperaturunterschiedes und der Wärmecapacität derselben ab. Bildet sie hingegen einen schlechten Wärmeleiter, so hält sie die Wärme der Wärmequelle zusammen und stellt gewissermaaßen einen Isolator, der vor unnöthigen Verlusten bewahren kann, in diesem letzteren Falle dar.

Schlechte Wärmeleitung der Schutzmassen unseres Körpers.

§. 204. Wir werden §. 209 sehen, daß sich eine gewisse Menge von Wärme in dem Innern unseres Körpers fortwährend erzeugt. Wir haben hier eine anhaltende, vermöge der Umwandlung des Blutes und der halbfesten oder festen Gewebe gegebene Wärmequelle. Die Oberhaut, die Nägel und die Haare bilden äußere Hüllen, von denen das Ganze umgeben wird. Da aber alle diese Hornmassen zu den schlechten Wärmeleitern gehören, so werden hierdurch Temperaturverluste, die sich ohne sie geltend machen würden, aufgehoben.

§. 205. Der Nutzen der Kleidungsstücke fußt auf der gleichen Grundlage. Alle Arten von Pflanzenfasern oder von thierischen Geweben, die wir zu unserer Bekleidung gebrauchen, besitzen niedere Werthe der Wärmeleitung. Sie verstärken daher nur die Schutzhülle, die uns schon von vorn herein gegeben ist. Der nacktere Mensch hat deshalb auch eine Bekleidung nöthig, wenn das behaarte Säugethier oder der befiederte Vogel frei herumgehen kann. Es rührt von ähnlichen Verhältnissen her, wenn gußeiserne Häuser am kältesten und hölzerne verhältnißmäßig wärmer, als steinerne ausfallen.

Verbrennung.

§. 206. Wird ein organischer Körper, der sich nicht im Ganzen verflüchtigt, immer höheren Wärmegraden ausgesetzt, so verliert er vor Allem diejenigen Bestandtheile, die sich schon unter verhältnißmäßig niederen Temperaturen in Dampf verwandeln. Ist Wasser mechanisch beigemengt oder in Form von Hydratwasser gebunden, so wird dieses zuerst allein oder in Verbindung mit Ammoniak und anderen flüchtigen Nebenstoffen ausgetrieben. Steigt die Temperatur noch höher und ist der zur Wirkung nöthige Sauerstoff in hinreichender Menge dargeboten, so verbindet er sich mit dem Kohlenstoff des organischen Körpers zu Kohlensäure und mit dem Wasserstoff desselben zu Wasser. Fehlt hingegen die erforderliche Masse von Sauerstoff, so kommt diese Veränderung nur theilweise zu Stande. Es erzeugen sich häufig andere Verbindungen, die man mit dem Namen der empyreumatischen Producte bezeichnet. Das Ganze schwärzt sich bei dem Verbrennen. Man sagt, daß es hierbei verkohlt werde, weil man annimmt, daß nur der Ueberschuß des zurückbleibenden Kohlenstoffes den Farbenwechsel herbeiführt. Dieser wächst jedoch keineswegs gleichförmig mit der Menge des Kohlenstoffs, der sich in Kohlensäure nicht verwandeln konnte.

§. 207. Alle diese Erscheinungen können sich in unserem eigenen Körper geltend machen. Wenn wir uns eine Hautstelle leicht verbrennen,

so wird sie härter und trockener, weil sie einen Theil ihres Wassers abgeben mußte. Ein Glüheisen dagegen, das wir über einen gewissen Bezirk der Körperoberfläche hinführen, verkohlt diejenigen Gebilde, welche den hinreichend hohen Temperaturgraden ausgesetzt werden. Kein Theil des Körpers kann der höheren Hitze vollständig widerstehen. Ein Mensch, der im Feuer verunglückt, verbrennt daher nicht selten bis auf verhältnißmäßig wenige Ueberreste.

Wärmeeinheiten der Verbrennungswärme. §. 208. Wenn die höhere Wärme das Wasser oder andere flüchtige Verbindungen in Dämpfe verwandelt, so liefert die gebundene Wärme ein Abkühlungsmittel (§. 184.). Verbrennt hingegen ein Körper, so erzeugt sich hierbei eine gewisse Hitze, die seine Verbrennungswärme bildet. Man führt sie auf Wärmeeinheiten, in ähnlicher Weise, wie die gebundene Wärme (§. 185.) zurück.

Soll Eis in Wasser von 0° C. übergehen, so müssen hierbei 79,1 Wärmeeinheiten gebunden werden. 1 Grm. Wasser von 79°,1 C. wird daher 1 Grm. Eis in Wasser von 0° C. verwandeln. Sagt man nun, daß die Verbrennungswärme des Kohlenstoffes 96,5 beträgt, so heißt dieses, daß 1 Grm. verbrennenden Kohlenstoffes 96,5 Grm. Eis von 0° C. zu schmelzen vermag. Die hierbei frei werdenden Wärmeeinheiten gleichen daher 96,5 × 79,1 oder 7633,15. Die Wärmemenge, die bei dem Verbrennen von 1 Grm. Kohlenstoff erzeugt wird, würde hinreichen, die Temperatur von 7633 Grm. Wasser um 1° C. zu erhöhen. Hat der Wasserstoff 295,59 als Werth der Verbrennungswärme, so giebt er 23381,17 Wärmeeinheiten, mithin drei Mal so viel, als der Kohlenstoff. Es muß jedoch bemerkt werden, daß diese Grundzahlen, vorzüglich die des Wasserstoffes, noch nicht so zuverlässig sind, als es manche physikalische, chemische und physiologische Fragen wünschen lassen.

Verbrennungswärme des menschlichen Körpers. §. 209. Die Athmung und die Hautthätigkeit führen fortwährend eine gewisse Menge Atmosphäre in unseren Körper ein. Dieser bedingt es aber, daß ein Theil des Kohlenstoffes und des Wasserstoffes der organischen Verbindungen zu Kohlensäure und Wasser verbrennt. Nimmt man dem Thatbestande entgegen vorläufig an, daß sich hierbei der Kohlenstoff und der Wasserstoff als einfache Körper mit dem Sauerstoff vereinigen, so können wir die frei werdende Wärme nach den eben dargestellten Grundwerthen mit Leichtigkeit finden. Jene Einwirkung des Sauerstoffes liefert aber die vorzüglichste, §. 204. erwähnte innere Wärmequelle, vor deren unnöthigem Verlust uns die Hornhüllen unserer äußeren Körperfläche zu schützen suchen.

Wir wollen die Berechnung beispielsweise durchführen. Ich nehme durchschnittlich 0,511 Grm. Sauerstoff in jeder Minute in meine Lungen auf. Denken wir uns, sie dienten 0,1185 Grm. Kohlenstoff und 0,0244 Grm. Wasserstoff zu verbrennen, so würde jener 7633,15 × 0,1185 oder 904,5 und dieser 23381,17 × 0,0244 oder 570,5 Grm., mithin im Ganzen 1475 Grm. Wasser um 1° C. erwärmen. Die 0,258 Grm. Wasser, die ich in der Minute aus meinen

Lungen verdampfen lasse, nehmen 155,4 Wärmeeinheiten in Anspruch (§. 185.). Die Luft, welche ich in derselben Zeit durchathme und erwärme, beträgt ungefähr 9 Grm. Steigt ihre Temperatur von 15° auf 37° C., so gehen hierdurch 52,9 Wärmeeinheiten verloren (§. 201.). Es bleiben mithin 1266,7 von jenen 1475 übrig.

Der eingeathmete Sauerstoff verwandelt das dunkelrothe Venenblut in hellrothes Arterienblut. Die Wärmemenge, die 1266,7 Grm. Wasser um 1° C. erhöhen kann, vermag den gleichen Einfluß auf 1229,8 Grm. Schlagaderblut auszuüben. Breschet und Becquerel fanden im Huhne, daß das in die Lungen strömende Venenblut um 0°,3 kälter, als das aus ihnen zurückkehrende Arterienblut ausfiel. Wollte man diesen Werth auf den Menschen übertragen, so würde folgen, daß 4,1 Kilogr. Blut meine Athmungswerkzeuge in der Minute durchsetzen. Dieses Beispiel soll nur andeuten, wie sich eine Reihe anderer Verhältnisse berechnen ließen, wenn einige Glieder des Ganzen mit hinreichender Sicherheit gegeben wären. Es kann keine irgend zu gebrauchende Zahlen liefern, weil wir die Frage der Deutlichkeit wegen zu sehr vereinfacht, Vieles willkührlich angenommen und Manches, das sogar unrichtig ist, ohne Weiteres zum Grunde gelegt haben. Da organische Verbindungen und kein reiner Kohlenstoff oder Wasserstoff verbrennen, so erzeugen sich auch andere Verbrennungswärmen. Die Wärme, welche die Gasabsorption entwickelt, kann aus Mangel an physikalischen Versuchen noch gar nicht geschätzt werden. Es frägt sich endlich sehr, ob die Wärmecapacität des Schlagaderblutes wahrhaft so groß ausfällt. Legte man die des Venenblutes zum Grunde, so erhielte man schon 4,7 Kilogr. durchfließender Blutmenge. Fiele die höhere Temperatur des Arterienblutes nur um $1/10$° C. niedriger aus, so müßte sogar diese Größe auf 7,1 Kilogr. steigen.

Wärmestrahlung.

§. 210. Eine heiße Masse entläßt eben so gut ihre Wärme- als eine leuchtende ihre Lichtstrahlen. Die Beschaffenheit der Oberfläche und die Dichtigkeit üben in dieser Hinsicht einen wesentlichen Einfluß aus. Eine Metallfläche liefert eine 8½ Mal so bedeutende Wärmestrahlung wenn sie mit Kienruß oder mit Bleiweiß überzogen, als wenn sie vollkommen glatt polirt ist. Das Strahlungsvermögen des gleichen Metalls wächst nach Melloni mit der Abnahme der Dichtigkeit.

Reflexion, Diffusion, Absorption u. Durchgang der Wärmestrahlen.

§. 211. Die einen Körper treffenden Wärmestrahlen können die verschiedensten Schicksale erleiden. Sie werden regelmäßig nach einer von ihrem Einfallswinkel abhängigen einseitigen Richtung zurückgeworfen oder diffundirt und nach den verschiedensten Seiten hin zerstreut. Ein anderer Theil kann dabei von der Masse, der sie begegnen, verschluckt oder absorbirt werden. Es ist endlich noch möglich, daß sie, wie das Licht durch einen durchsichtigen Körper, durch den Stoff, dem sie begegnen, hindurchgehen.

Oberflächen, welche keine größeren Schwierigkeiten der Wärmestrahlung entgegensetzen, nehmen auch die Wärme leichter auf und umgekehrt. Der Kienruß zeichnet sich in dieser Hinsicht vor Allem aus. Ein schwarzes Kleid verschluckt mehr Wärme, als ein weißes. Dieses

paßt daher auch eher für den Sommer, weil die äußeren Wärmestrahlen um so reichlicher von seiner Oberfläche zurückgeworfen werden.

Athermane u. diathermane Körper.

§. 212. Ein athermaner Körper läßt die Wärmestrahlen eben so wenig durch, als eine undurchsichtige Masse die Lichtstrahlen. Verhält sich aber ein Stoff auf die entgegengesetzte Weise, so gehört er zu den diathermanen Verbindungen. Wie das weiße Licht Strahlen der verschiedensten Farben enthält, so kehrt etwas Aehnliches für die Wärme wieder. Die mannigfachen Strahlen der Letzteren besitzen ebenfalls ungleiche Werthe ihrer Ablenkungscoefficienten (§. 161.).

Thermanismus.

§. 213. Manche Substanzen unterscheiden nicht weiter die mannigfachen Wärmestrahlen. Das Steinsalz läßt alle ohne Weiteres hindurchgehen. Der Kienruß dagegen verschluckt alle ohne Unterschied. Viele Körper dagegen absorbiren gewisse Wärmestrahlen, während sie anderen den Durchtritt gestatten. Man nennt diese Eigenthümlichkeit die Diathermansie oder den Thermanismus und die übrig gebliebenen Strahlen, denen der fernere Weg gestattet worden, die thermanisirten. Diese verhalten sich gewissermaaßen, wie die farbigen Lichtstrahlen, die einen gefärbten Körper durchsetzt haben.

Wärme- und Farbenspectrum.

§. 214. Hält man diesen Vergleich mit den Lichtstrahlen fest, so gelangt man zu einer für die Physiologie wichtigen Schlußfolge. Wir haben §. 161 gesehen, daß die sieben prismatischen Farben ungleiche Ablenkungscoefficienten besitzen. Ein gebrochener Sonnenstrahl liefert ein Farben- und ein Wärmespectrum. Dieses besitzt aber eine größere Breite als jenes. Wir erhalten Wärmestrahlen, die eine noch geringere Brechbarkeit als die rothen und eine größere als die violetten Strahlen haben. Man könnte sich vorstellen, daß das Wärmespectrum weiter ist oder daß unser Auge nur einen Theil von diesen aufzufassen im Stande wäre. Die zweite Ansicht hat mehr, als die erste für sich. Die Untersuchungen von Brücke deuten darauf hin, daß uns gewisse äußerste Grenzstrahlen deshalb entgehen, weil sie von der Hornhaut und der Krystalllinse des Auges nicht durchgelassen werden.

Elektrische Spannung.

§. 215. Faßt man die Elektricität unter dem Bilde von Flüssigkeiten, die zweierlei Eigenschaften, eine positive und eine negative darbieten können, auf, so denkt man sich, daß sich dieser Gegensatz, wie ein positiver und ein eben so großer negativer Werth, im Zustande der Indifferenz zu Null ausgleicht oder neutralisirt. Wird dagegen eine elektrische Spannung aus irgend einer Ursache hervorgerufen, so trennen sich die beiden Elektricitäten den Oertlichkeiten nach. Die positive häuft sich an einer Stelle und die negative an einer anderen an. Die Endstücke, welche diese Eigenthümlichkeiten darbieten, heißen der positive und der negative Pol.

Spannungs- und Bewegungs-Elektricität.

§. 216. Hat einmal eine Veranlassung diese Sonderung hervorgebracht, so sind zwei Fälle möglich. Eine oder beide getrennte Elektricitäten verharren in ihrem Ruhezustande, bis sie durch Nebenverhältnisse ausgeglichen werden. Die Reibungselektricität, wie wir sie z. B. durch die Elektrisirmaschinen erzeugen, führt zu dieser sogenannten statischen

oder Spannungselektricität. Die galvanische Säule hingegen liefert Bewegungselektricität. Ist sie kreisförmig geschlossen, so vereinigen sich die beiden entgegengesetzten Elektricitäten fortwährend, während ihre Plattenpaare neue elektrische Spannungen eben so anhaltend herbeiführen. Die Körper, welche diese erzeugen, heißen Elektromotoren und die, welche die Bahnen der Schließung liefern, die Poldräthe oder die Elektroden.

§. 217. Die Fähigkeit, die Elektricität genügend oder ungenügend fortzuführen, sondert die Körper in gute und schlechte Elektricitätsleiter. Die Metalle gehören im Allgemeinen zu der ersteren Klasse. Das Glas, das Siegellack, die Seide, das Holz und die Horngewebe bilden so schlechte Leiter, daß man sie auch als Nichtleiter oder als Isolatoren betrachtet. Eine Scheidewand oder eine Hülle, die aus einem dieser Stoffe besteht, wird daher auch andere Massen vor Elektricitätsverlusten schützen können. Elektricitätsleiter.

§. 218. Jeder Körper setzt einen gewissen Leitungswiderstand dem Durchflusse der Elektricität entgegen. Dieser wechselt in hohem Grade mit der Verschiedenheit der Massen. Die Metalle besitzen die beste Leitungsfähigkeit und zwar das Palladium die größte und das Quecksilber die kleinste. Nimmt man die des Letzteren gleich 1 an, so ergiebt sich aus Pouillet's Untersuchungen, daß Eisen 5 bis 7, Messing 2 bis 9, Kupfer 38,4, Silber 51,5 und Palladium 57 hat. Leitungswiderstand.

Der Leitungswiderstand des Wassers und anderer tropfbarer Flüssigkeiten fällt unverhältnißmäßig größer, als der irgend eines Metalles aus. Wasser von 0° C. leitet nach Weber nahebei 180 und solches von 37°7 C. 101 Millionen Mal schlechter, als Quecksilber.

§. 219. Die menschlichen Körpertheile verhalten sich in dieser Hinsicht, wie erwärmte wässerige Auflösungen d. h. sie liefern geringere Widerstände, als reines Wasser. Diese sind aber immer noch so bedeutend, daß nicht der entfernteste Vergleich mit den Metallen Statt finden kann. Leitungswiderstand der menschlichen Körpertheile.

Berührt ein Mensch die feuchten messingenen Handhaben einer der später zu erwähnenden magnetelektrischen Maschinen, so leistet sein Körper nach Lenz denselben Leitungswiderstand, den ein Kupferdrath von 115200 Meter Länge und 1 Mm. Dicke liefern würde. Da die Horngewebe zu den schlechten Elektricitätsleitern gehören, so setzt eine Verletzung der Oberhaut der Berührungsflächen das Leitungshinderniß herunter.

§. 220. Das Galvanometer kann von der Anwesenheit und der Richtung der elektrischen Ströme Rechenschaft geben. Ein sehr langer, mit Seide umsponnener und daher isolirter Kupferdrath ist auf einen länglich viereckigen Rahmen, wie es Fig. 47 von oben zeigt, aufgewunden. Die beiden Enden desselben ragen frei hervor. Die in der Mitte befindliche Längsspalte enthält eine astatische Magnetnadel, die in Fig. 48. gesondert abgebildet worden. Man bezeichnet hiermit eine Verbindung zweier Magnetnadeln, in denen der Nordpol der oberen über Galvanometer.

dem Südpol der unteren und umgekehrt liegt, wie es auch die spitzen und die stumpfen Enden in Fig. 48 andeuten. Man vermindert hierdurch die Störungen des Erdmagnetismus in hohem Grade. Die Empfindlichkeit des Galvanometers hängt von der Güte und der Leichtigkeit der Nadeln und der Länge des Kupferdrathes ab. Dieser geht daher 18 bis 22000 Mal um die Seitentheile des Rahmens in den feinsten Galvanometern herum. Er macht, wie man sich ausdrückt, 18 bis 22000 Windungen.

Fig. 47.

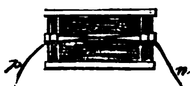


Fig 48.

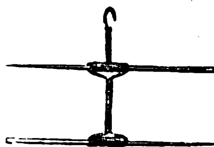
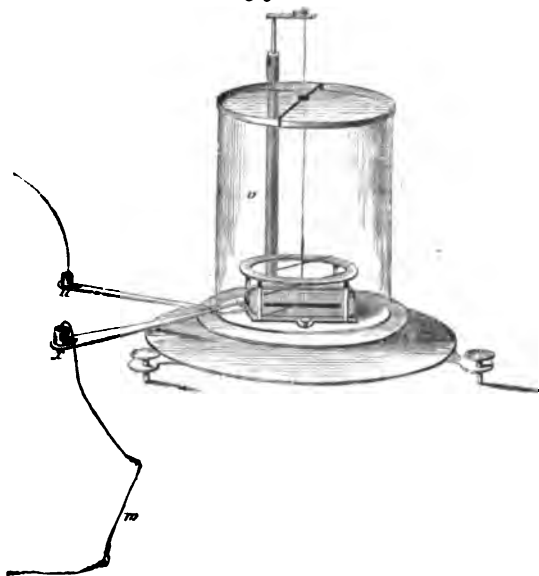


Fig. 49 stellt das vollständige Galvanometer dar. Das astatische Nadelnpaar ist an einem Coconfaden aufgehängt. Die oben befindliche Schraubenvorrichtung kann es höher oder tiefer stellen. Die obere Nadel spielt über einem in 360 Grade getheilten Kreise. Der Rahmen hat aber Seitenausschnitte, damit sich auch die untere Nadel bewegen könne. Ein Glaskasten v Fig. 49, der das Ganze umgiebt, schützt vor störenden Luftströmen.

Fig. 49.



Wir wollen annehmen, wir hätten die astatischen Nadeln, die den magnetischen Meridian in ihrem Ruhezustande aufsuchen, so eingestellt, daß das eine Ende der oberen über Null liegt. Verbinde ich nun die Quecksilbernäpfchen x und u Fig. 49, die mit den freien Drathenden p und n Fig. 47 zusammenhängen, mit einem galvanischen Plattenpaare, so geht der Strom desselben durch die Drathwindungen und lenkt die Magnetnadeln in einem gewissen Sinne ab. Gesetzt, x sei mit dem positiven und u mit dem negativen Pole verbunden, so daß der Strom von x nach u läuft, so erhalte ich z. B. eine Abweichung von $+ 20^0$ Vertausche ich nun die Pole, so daß die Strömung von u nach x verläuft, so würde die Nadel unter sonst gleichen Verhältnissen auf 340

oder auf — 20° schwingen. Wir erfahren auf diese Weise die Richtung des Stromdurchganges und können daher auf die Natur der Elektromotoren zurückschließen. Wir erkennen, welcher von ihnen positiv und welcher negativ wirkt.

§. 221. Die Ablenkung der Magnetnadel des Galvanometers wächst in ungleichem Maaße mit der Stärke der Ströme. Will man diese verhältnißmäßig genauer bestimmen, so muß man sich der sogenannten Sinus- oder der Tangentenboussole bedienen. Diese Vorrichtungen liefern Ausschläge, in denen die Stromkraft dem Sinus oder der Tangente des Ablenkungswinkels nahebei proportional ist. Tangentenboussole.

Fig. 50.

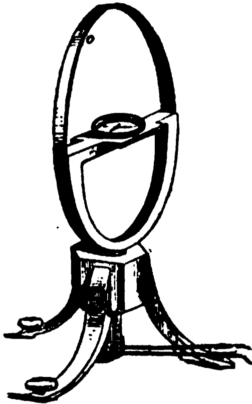


Fig. 50 kann uns die Einrichtung einer Tangentenboussole versinnlichen. Der zugeführte Strom geht durch einen breiten äußeren Messingring *o*, dessen mittlere Ebene in der Richtung des magnetischen Meridianes aufgestellt wird. Die einfache Magnetnadel, welche eine Schraubenvorrichtung sperren oder frei geben kann, spielt wieder an einen entsprechenden Kreisbogen.

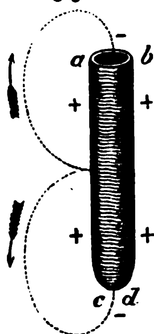
§. 222. Ein Versuch, den man an diesem Instrumente leicht anstellt, kann eine Annahme, die früher weit verbreitet war, sogleich beseitigen. Wir werden sehen, daß die Nerven für galvanische Ströme in höchstem Grade empfindlich sind. Man glaubte hieraus folgern zu können, daß sie auch die Elektricität sehr gut zu leiten vermögen. Die Erfahrung lehrt gerade das Gegentheil. Ihre Zusammensetzung aus öligten Stoffen und wässerigen organischen Verbindungen mußte dieses übrigens schon von theoretischer Seite ausschließen lassen. Leitungswiderstand der Nerven.

Denken wir uns, wir hätten eine galvanische Kette, in deren Kreise ein Kupferdrath von gleicher Länge und Dicke, wie der später zu prüfende Nerv, eingeschaltet ist, und die Tangentenboussole lieferte eine Abweichung von 89°59′ bei dem Schlusse des Bogens. Vertauschen wir nun den Drath mit dem Nervenstücke, so wird die Nadel keinen Ausschlag wegen des ungeheueren Leitungswiderstandes, den der Nerv entgegensetzt, darbieten. Gesetzt, dieser leitete auch bei der Temperatur, unter der wir den Versuch anstellen, 20 Mal besser, als Wasser von 0°6 C., so läßt sich berechnen, daß die Abweichung der Magnetnadel, wenn alle hindernde Nebenverhältnisse hinwegfielen, nur eine Secunde zu betragen im Stande wäre, weil das Kupfer das Wasser von jenem Wärmegrade um das 6849 Millionenfache übertrifft.

Matteucci glaubt aus seinen Versuchen schließen zu können, daß

die Muskeln die Elektricität vier Mal besser leiten, als die Nerven oder die Gehirnmasse.

Fig. 51.



§. 223. Stellen wir uns vor, *ab*, Fig. 51, sei der künstlich bereitete Querschnitt einer quergestreiften Muskelfaser z. B. des Wadenmuskels, *ac* die Längenfläche derselben und *cd* die natürliche Querfläche, an die sich die Sehnen anheften, so lehren die am Galvanometer angestellten Beobachtungen, daß sich die Längenfläche *ac* zu dem künstlichen oder natürlichen Querschnitt, *ab* oder *cd*, positiv zu verhalten pflegt. Eine mit den punktirten Linien angedeutete indifferente Verbindung wird einen Strom geben, der von der positiven Längenfläche nach der negativen Querfläche *ab* oder *cd* dahingeht, wie es die bei *ac* angebrachten Pfeile andeuten. Denkt man sich, *abcd* Fig. 52 sei ein vollkommen cylindrischer Muskel, *e* und *f* bilden die Mittelpunkte der kreisförmigen Querschnittsflächen *ab* und *cd*, während *gh* die Länge *ad* und *bc* halbirt, so liefert nach Du Bois jede Verbindung, die zwei unsymmetrische Stellen derselben oder gleichartiger Oberflächen vereinigt, schwächere Ströme, als die, welche von den Quer- und den Längenschnitten zugleich herrühren. Liegt *i* dem Mittelpunkte *e* des Querschnittskreises *ab* näher, so richtet sich die Strömung von *k* nach *i*. Ist dagegen *p* der Längenfläche von *gh* beträchtlicher enfernt, als *o*, so verläuft der Strom umgekehrt von *o* nach *p*. Haben *l* und *m*, so wie *q* und *r* gleiche Abstände von den Mitten *f* und *gh*, so bleibt die Magnetnadel des eingeschalteten Galvanometers ruhig stehen. Jener Forscher nimmt an, daß die quergestreifte Muskelfaser aus Molecülen mit peripolarer Anordnung, wie es Fig. 53 andeutet, besteht. Jedes Atom enthält eine positive Aequatorial- und zwei negative Polarzonen. Ihre beiden Achsen stehen in fortlaufenden, der Längenachse und dem senkrechten Querschnitte des Muskels entsprechenden Längslinien.

Fig. 52.

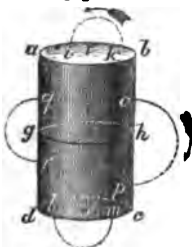
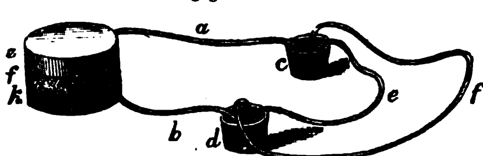


Fig. 53.



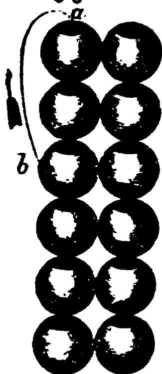
Fig. 54.



§. 224. Gesetzt, *zfk* Fig. 54 sei eine galvanische Kette, die aus der positiven Zinkplatte *z*, einem feuchten Leiter *f* und der negativen Kupferplatte *k* besteht, die beiden Poldräthe *a* und *b* tauchten in die zwei Quecksilbernäpfchen *c* und *d*, diese nähmen aber zwei gleich dicke Schlußdräthe *e* und *f* gleichzeitig auf, so bildet der kürzere *e* die Haupt- und der längere *f* die Nebenschließung. Der Hauptstrom verläuft durch *e*, weil hier der Leitungswiderstand der größeren Kürze des Bogens halber geringer ausfällt. *f* hingegen nimmt einen Nebenstrom auf. Die Anwesenheit von *f* schwächt daher *e* in einem gewissen Grade. Wäre *f* nicht vorhanden, so würde *e* den ganzen Strom aufgenommen haben. Schalten wir eine stromprüfende Vorrichtung in *f* ein, so wird diese nur einen Theil der Stromstärke, welche *zfk* entwickelt, anzeigen können.

§. 225. Prüft man die elektrischen Verhältnisse der thierischen Schluß der thierischen Elektromotoren.

Fig. 55.

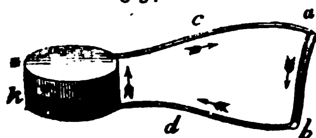


Theile am Galvanometer, so wiederholt sich etwas Aehnliches. Die Ernährungsflüssigkeit, welche alle Gewebe durchtränkt, schließt schon die elektrisch entgegengesetzten Enden, wie es die punktirte Linie Fig. 55 andeutet. Eine zweite, von uns künstlich eingeleitete Verbindung, kann nur einen Nebenstrom, einen abgeleiteten Strom in Anspruch nehmen. Der Ausschlag der Galvanometernadel vermag daher nur einen Theilstrom oder einen Bruchtheil der elektrischen Erregung, welche die Muskelmolecüle wahrhaft liefern, anzuzeigen.

§. 226. Der in den Muskeln vorkommende elektrische Gegensatz der Quer- und der Längenfläche, den man auch hier mit dem Namen des Muskelstromes zu bezeichnen pflegt, wiederholt sich nach Du Bois in den Nerven in ähnlicher Weise. Matteucci bemerkte etwas Aehnliches in den Lungen, der Leber und den Nieren, und Du Bois in dem centralen Nervensysteme, den einfachen Muskelfasern und manchen anderen Theilen.

§. 227. Die verschieden gerichteten Ströme, welche die einzelnen Strom des ganzen Thieres.
Muskelmassen und die Gewebe eines ganzen Thieres überhaupt erzeugen, verbinden sich zu einer Gesammtwirkung, die man mit dem Namen des eigenthümlichen Stromes bezeichnet hat. Er geht meist centripetal oder aufsteigend, d. h. von den Fußzehen nach der Mundspitze in dem enthäuteten Frosch dahin.

Fig. 56.



§. 228. Lassen wir ein galva- Richtung der galvanischen Ströme.
nisches Plattenpaar auf einen thierischen Theil wirken, so müssen wir wohl unterscheiden, ob ein feuchter Zwischenleiter außerdem noch vorhanden ist oder nicht. Nehmen wir an, *ab* Fig. 56 sei der Hüftnerv (N. ischiadicus) eines

Thieres und zwar *a* das centrale Ende, welches dem Rückenmarke und *b* das peripherische, das den Unterschenkelmuskeln näher liegt, so

Fig. 57.

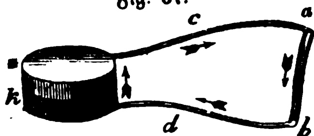
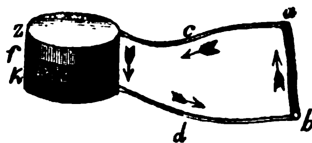


Fig. 58.



heißt ein Strom peripherisch, centrifugal oder absteigend, wenn er den Nerven von *a* nach *b* durchläuft (Fig. 57.). Verfolgt er die umgekehrte Bahn, von *b* nach *a* Fig. 58, so wird er central, centripetal oder aufsteigend genannt.

§. 229. Gesetzt, ich hätte eine positive Zink- und eine negative Kupferplatte *zk* Fig. 57 trocken zusammengebracht und durch entsprechende Leitungsdräthe *c* und *d* mit dem Hüftnerven *ab* verbunden, so bildet dieser den feuchten Leiter. Der positive Strom geht von *zc* nach *a* und von da nach *bdk* oder mit einem Worte peripherisch. Das positive Zinkende *a* entspricht auch dem positiven Punkte des Nervenstammes. Hätten wir dagegen einen feuchten Leiter *f* Fig. 58 zwischen die Zink- und die Kupferplatte eingelegt, so würde der Nerv *ab* nur ein Schaltstück des Schließungsbogens *cabd* darstellen. Der positive Strom ginge jetzt in *zfk* und von da in *dbac* dahin. Der Nerv würde central durchflossen. Sein positives Ende *b* entspräche dem Leitungsdrathe des negativen Kupfers *k*.

Beständige Ketten. §. 230. Arbeitet man mit einer gewöhnlichen galvanischen Säule,

Fig. 60.

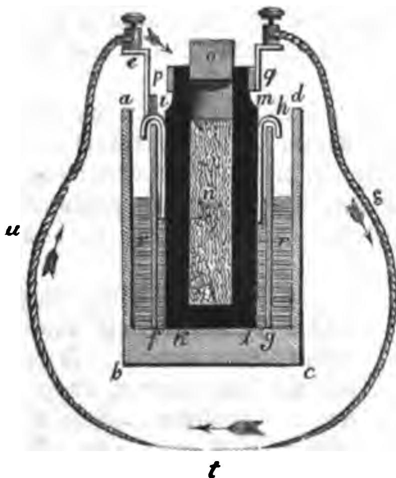


Fig. 59.

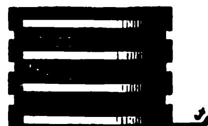


Fig. 59, so nimmt die Wirkung derselben nach und nach beträchtlich ab. Man hat daher um so schwächere Ströme, je längere Zeit seit dem Aufbau der Kette verstrichen ist. Die beständigen Ketten verhüten diesen Uebelstand insofern, als sich

der Strom eine geraume Zeit ziemlich unverändert erhalten kann. Die Bunsen'sche Zinkkohlenkette, die uns Fig. 60 im senkrechten Längendurchschnitte wiedergiebt und in *a c* Fig. 67 im Ganzen gesehen wird, gehört zu diesen sogenannten beständigen oder constanten Vorrichtungen.

Ein Glasgefäß *a b c d* enthält einen der Länge nach aufgeschlitzten Zinkcylinder *e f g h*. Ein Kohlencylinder *i k l m*, der inwendig hohl, mit feinem Sand *n* gefüllt, oben aber von einem Korke *o* geschlossen und mit einem Kupferringe *p q* versehen ist, befindet sich innerhalb desselben. Er berührt ihn jedoch in keinem Punkte. Die zwischengeschobenen Glasstäbe sichern die Trennung beider. Ist der Sand *n* mit Salpetersäure durchtränkt, während man Wasser, Kochsalzlösung oder verdünnte Schwefelsäure *r* in das Glasgefäß *a b c d* eingießt, so erhält man einen ziemlich beständigen Strom. Die poröse Kohle gestattet hierbei eine Diffusion der zwischen den Sandkörnchen *n* befindlichen Salpetersäure und der Umgebungsflüssigkeit *r*. Die positive Strömung geht von dem Zink *e f* durch den feuchten Leiter *r* nach der Kohle *k i* und dem Kupferringe *p q*. Er tritt daher nach dem Leitungsdrath *s* des negativen Kupfers *p q* heraus und kehrt durch *u* zu dem Zinke *e f* zurück. Wir haben daher hier den an Fig. 58 erläuterten zweiten Fall.

§. 231. Wir haben §. 187. gesehen, daß die einzelnen Theilchen des Dampfes sich gegenseitig abstoßen. Dieser erhält hierdurch eine gewisse, mit seiner Dichtigkeit wachsende (§. 191.) Spann- oder Druckkraft, mittelst deren er sich möglichst weit zu verbreiten sucht. Die elektrischen Flüssigkeiten besitzen ähnliche Eigenschaften. Ihr Dichtigkeitsgrad verleiht ihnen ebenfalls eine gewisse Spannkraft, die dem Quadrate seiner Größe proportional ist. Sollen sie einen Körper durchfließen, so wird der Leitungswiderstand diesem Streben entgegenwirken. Er wird es bedingen, daß die elektrische Flüssigkeit nur mit einem Theile ihrer Spannkraft und Dichtigkeit weitergeht. Elektrische Spannung.

§. 232. Schließen wir die Fig. 60 abgebildete Kette, indem wir einen leitenden Zwischenkörper *t* einfügen, so steigt in diesem Augenblicke sein elektrischer Spannungs- und Dichtigkeitzustand von Null bis zu der Höhe, welche der Leitungswiderstand gestattet. Er kehrt bei der Oeffnung der Kette in umgekehrter Weise auf Null zurück, wenn sich keine der später zu betrachtenden Polarisationserscheinungen mittlerer Weile geltend gemacht hat. Bleibt die Stromstärke während der Dauer des Schlusses der Kette vollkommen beständig, so wird sich auch die gleiche Höhe der elektrischen Dichtigkeit behaupten können. Ableitungscurve.

§. 233. Diese Erscheinungen lassen sich graphisch versinnlichen. Denkt man sich, *a b*, Fig. 61 (s. f. S.), sei die Zeit der elektrischen Einwirkung, die man in eine Menge gleicher Theile *a c*, *c d*, *d e* u. s. f. gesondert hat. Wenn die auf den Abscissen *a c*, *c d*, *e f* senkrecht gestellten Ordinaten *c i*, *k d*, *e l* die zu den entsprechenden Zeitenden vorhandenen Dichtigkeiten der durchfließenden Elektricität bezeichnen, so sind diese in

a und in *b*, d. h. in dem ersten und in dem letzten Augenblicke des Versuches Null. Dauert die Schließung die drei Zeittheilchen *ac*, *cd*, *de*, so wird hierbei die Stromstärke von *a* auf *ci*, *dk* und *el* steigen.

Fig. 61.



Legen wir nun eine krumme Linie oder eine sogenannte Abgleitungscurve durch die Endpunkte *aikl*, so kann sie die gegenseitigen Verhältnisse der Zeiten und des Wechsels der Stromdichtigkeiten anzeigen. Gesetzt, diese fielen stärker, als in dem vorigen Falle aus, so daß sie *cp*, *dq*, *er* gleichen, so erhielten wir die steilere Abgleitungscurve *apqr*. Fände die Ausgleichung in noch kürzerer Zeit Statt, so daß $ds = er$ schon zu Ende des zweiten Zeittheilchens *cd* erreicht würde, so hätten wir die noch steilere Curve *as*. Die Oeffnung der Kette kann ähnliche Verhältnisse nur in umgekehrtem Sinne der Abgleitung darbieten. Bliebe hingegen der Strom während der Dauer des Schlusses vollkommen beständig, so wäre die graphische Darstellung seines Verhältnisses die gerade Linie *lm*, d. h. es würden die Stromdichtigkeiten für alle Zeittheilchen die gleichen bleiben.

Wir werden in der Nervenlehre sehen, daß die thierischen Nerven die Abgleitungscurven weit eher beantworten, als die gleichartigen Ströme der elektrischen Flüssigkeiten. Man findet daher häufig, daß sich die Muskeln in dem Augenblicke des Schlusses und in dem der Oeffnung, also *aikl* und *mnob* entsprechend zusammenziehen, während der Dauer des Schlusses dagegen oder für *lm* ruhig bleiben.

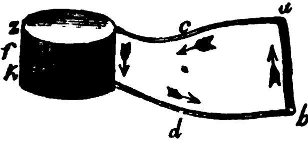
Grundlagen des Ohm'schen Gesetzes.

§. 234. Wenn sich zwei Elektromotoren wechselseitig berühren, so werden hierdurch die beiden entgegengesetzten Elektricitäten frei gemacht. Verbinden wir nun einen positiven und einen negativen Punkt mit einem Körper, welcher den Durchgang der Elektricität vermittelt, so hängt die Quantität, welche in diesem zu kreisen vermag von zweierlei Nebenverhältnissen zugleich ab. Die von der Dichtigkeit bestimmte Spannung der frei gewordenen Elektricität liefert eine Druckkraft, die sie durch den Schließungsbogen zu treiben sucht. Der Widerstand, den dieser zu leisten vermag, bestimmt aber die Größe von Triebkraft, welche wahrhaft in Thätigkeit kommen kann. Der Quotient der Spannung und des Leitungswiderstandes bestimmt daher die Stromstärke oder die Größe der in Bewegung begriffenen elektrischen Flüssigkeiten.

§. 235. Nehmen wir an, wir hätten das einfache Element *zfk*, Fig. 62 (s. f. S.), so muß die Elektricität, wenn sie von dem Zinke *z* nach dem Kupfer *k* vordringen soll, den verhältnißmäßig sehr großen Widerstand der nassen Pappscheibe überwinden. Wäre der Schließungs-

bogen *cabd* ein kurzer dicker Kupferdrath, so würde sein Leitungswiderstand gegen den von *f* verschwindend klein ausfallen (§. 218.). Man kann daher die Stromstärke des Plattenpaares von der Spannung und dem Leitungswiderstande der feuchten Scheibe *f* allein abhängen lassen. Ist hingegen *ab* ein Nervenstück, so muß die Größe der kreisenden Elektricität wegen dieses Schaltstückes beträchtlich abnehmen (§. 222.).

Fig. 62.



§. 236. Stellen wir uns vor, *dbac*, Fig. 62, sei ein Schließungsdrath, dessen Widerstand gegen den der Flüssigkeit *f*, die zwischen dem Zink *z* und dem Kupfer *k* vorhanden ist, verschwindet, so ergiebt sich, daß eine galvanische Säule keine größere Stromstärke, als ein einfaches Element von dem gleichen Querschnitte liefern wird. Vergrößern wir die Zahl der Plattenpaare, so vermehren wir zwar die elektrische Spannung. Da aber jedes seinen feuchten Leiter hat, so wächst auch die Summe der Leitungswiderstände in demselben Maaße. Es muß daher die Quantität der kreisenden Elektricität die gleiche bleiben.

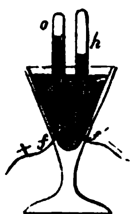
§. 237. Ist hingegen *ab* ein Nervenstück oder ein Körper, dessen Widerstand dem der Kette gegenüber nicht vernachläßigt werden kann, so wird sich die Sache anders verhalten. Da die Stromstärke von dem Quotienten der Spannung und der Summe aller Leitungswiderstände abhängt (§. 234.), so sieht man leicht, daß die galvanische Säule im Vortheil ist. Die Quantität der Stromstärke hängt hier von der Summe zweier Brüche ab, der Spannung getheilt durch die Widerstände der Kette und dem gleichen Werthe getheilt durch die Widerstände des Schließungsbogens. Der erste Bruch bleibt derselbe, wie für das einfache Element, weil sich Spannung und Widerstand in demselben Maaße vergrößern. Da aber nur die Spannungen, nicht aber die Leitungswiderstände des Schließungsbogens wachsen, so ergiebt sich, daß die galvanische Säule eine größere Stromstärke, als ein einfaches der gleichen Art und desselben Querschnittes liefern muß, sobald der Widerstand des Schließungsbogens gegen den der Kette selbst nicht verschwindet.

§. 238. Der Leitungswiderstand einer und derselben Masse wächst in gleichem Verhältnisse ihrer Länge und in umgekehrtem ihrer Dicke. Ein kurzer und dicker Drath wird daher eine größere Stromstärke, eine beträchtlichere Menge kreisender Elektricität, als ein langer und dünner gestatten. Dieser setzt hingegen eine höhere Intensität, eine stärkere Spann- oder Druckkraft seines höheren Leitungswiderstandes wegen voraus. Da sie die meisten physiologischen Wirkungen wesentlich bedingen hilft, so wählt man auch sehr lange und dünne Dräthe zu denjenigen Vorrichtungen, welche auf den Körper des Menschen und der Thiere mit großem Nachdruck wirken sollen.

Elektrolyse.

§. 239. Leitet man die beiden Poldräthe f und f', Fig. 63, in zwei mit Wasser gefüllte und mit ihren unteren offenen Mündungen in Wasser versenkte Röhren, so sammelt sich Sauerstoff o an der Seite des positiven und Wasserstoff h an der des negativen Poles an. Diese elektrolytische Wirkung wechselt in anderen Verbindungen nach Maaßgabe der chemischen Verwandschaften. Die Basen der Oxyde und der Salze gehen an den negativen und der Sauerstoff derselben, Chlor, Jod, Brom oder Säuren an den positiven Poldrath, wenn keine anderen Verhältnisse die einfacheren Erfolge aufheben. Geschieht dieses, so erhält man secundäre Wirkungen. Besteht der positive Poldrath aus Zink, so oxydirt er sich auf Kosten des frei werdenden Sauerstoffes. Wirken die Elektroden auf eine Ammoniaklösung ein, so bemächtigt sich der Sauerstoff des zersetzten Wassers des Wasserstoffes des Ammoniaks. Es wird daher Stickstoff frei gemacht. Die Größe der Elektrolyse hängt aber in allen diesen Fällen von der Stärke des elektrischen Stromes, der die Flüssigkeit durchsetzen kann, ab.

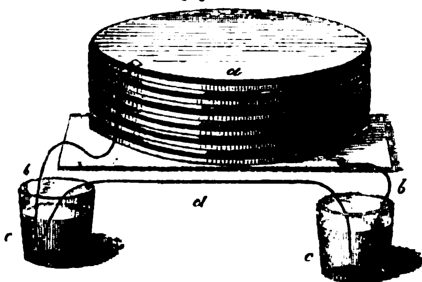
Fig. 63.



Elektrische Polarisation.

§. 240. Wenn die beiden Poldräthe f und f', Fig. 63, in Wasser tauchen, so überziehen sie sich mit Schichten der Zersetzungsgase. Sie werden auf diese Weise polarisirt, d. h. die an ihrer Oberfläche haftenden elektrolytischen Erzeugnisse bedingen eine eigene Strömung, die dem ursprünglichen Strome entgegenwirkt. Jener geht von f nach f'. Wenn sich aber f mit Sauerstoff bekleidet, so ergiebt sich, daß der positive Pol f den an und für sich negativen Sauerstoff anzieht und den positiven Wasserstoff frei läßt. Die Polarisation hat also ihr negatives Element in f und ihr positives in f', mithin eine dem ursprünglichen Strome entgegengesetzte Richtung. Die Zersetzungsproducte der einzelnen Platten der galvanischen Kette führen zu einer ähnlichen Trennung. Diese schwächt den ursprünglichen galvanischen Strom. Muß er durch eine eingeschaltete Flüssigkeitsschicht hindurchgehen, so hat er nicht bloß den von dieser selbst gelieferten Leitungswiderstand, sondern auch einen sogenannten Uebergangswiderstand, der von den lähmenden Wirkungen der Polarisation herrührt, zu überwinden.

Fig. 64.



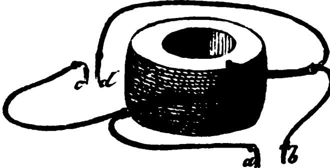
§. 241. Wenn die Elektroden $b\,b$ der Säule a, Fig. 64, in zwei mit Wasser oder einer anderen zersetzbaren Flüssigkeit gefüllte Gefäße $c\,c$ tauchen, so werden sie sich sowohl als den eingesenkten Schließungsdrath d polarisiren können. Wird d nach einiger Zeit herausgenommen, abgetrocknet und an einen

lebenden Nerven angefügt, so ziehen sich nicht selten die entsprechenden Muskeln zusammen, weil *d* selbst ein positives und ein negatives Ende besitzt. Jenes entspricht dem negativen und dieses dem positiven Pole der ursprünglichen Kette. Schaltet man einen Nerven *d* zwischen die Elektroden *b b* statt des Drathes und der Flüssigkeit ein, so können sich die Polarisationserscheinungen ebenfalls geltend machen. Sie liefern ein Bedingungsglied eigener elektromotorischer Kraft und eines größeren Uebergangswiderstandes des thierischen Schaltstückes.

§. 242. Die elektrischen Inductionserscheinungen haben eine besondere Wichtigkeit für die physiologische Betrachtung. Wir werden später sehen, daß sie manche Aehnlichkeit mit der Nerventhätigkeit darbieten. Die Inductionsströme wirken auch mit besonderem Nachdruck auf die Nerven und die Muskeln des lebenden Körpers. Inductionserscheinungen.

§. 243. Nehmen wir an, zwei mit Seide umsponnene Leitungsdräthe seien, wie es Fig. 65 zeigt, um einen Holzcylinder herumgewickelt.

Fig. 65.



a b bildet die beiden freien Enden des einen und *c d* die des anderen Drathes. Ein Schaltstück verbindet *c* und *d* zu einem geschlossenen Ringe, während eine galvanische Kette mit *a* und *b* vereinigt ist. Ein Strom geht dann durch den in *a b* dargestellten Drath, so lange die elektromotorische Thätigkeit von jener erhalten bleibt, fortwährend durch. Der zweite Drath *c d* hingegen liefert andere Erscheinungen. Man bemerkt in ihm eine elektrische Strömung, einen sogenannten Inductionsstrom, wenn man die Kette schließt oder öffnet. Diese Wirkung fehlt dagegen, während jene geschlossen bleibt oder nachdem sie geöffnet worden.

§. 244. Die Induction besteht also hier darin, daß ein geschlossener Drath, in dem ein anhaltender Strom dahinläuft, einen Inductionsstrom in einem zweiten isolirten und in seiner Nachbarschaft befindlichen Drath in den Augenblicken des Schlusses und der Oeffnung, nicht aber während der Dauer des Geschlossenseins anregt. Der Drath, der mit der galvanischen Kette verbunden wird, heißt der inducirende und der andere der inducirte. Man wendet auch die gleiche Benennung auf die Ströme selbst an. Inducirender und inducirter Strom.

§. 245. Fließt der inducirende Strom in der Richtung von *a* nach *b* innerhalb seines Schließungsbogens fort, so verläuft der inducirte, der im Augenblicke des Kettenschlusses entsteht, in der entgegengesetzten Bahn oder von *d* nach *c*. Oeffnet man die Kettenverbindung, so kommt ein mit dem früheren Kettenstrome gleichläufiger Inductionsstrom zum Vorschein. Dieser verfolgt also den Weg *c d*.

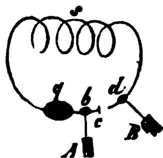
§. 246. Besteht *c d* aus einem sehr langen und dünnen, *a b* hingegen aus einem kurzen dicken Drathe, so wird jener eine beträchtliche Intensität und dieser eine stärkere Quantität liefern (§. 238.). Es wer- Intensitätsdräthe.

den die Ableitungscurve (§. 232.) und die physiologische Wirkung für *cd* beträchtlicher ausfallen. Man wählt deshalb auch lange und dünne Dräthe zu denjenigen Apparaten, welche die lebenden Nerven kraftvoll erschüttern sollen.

Inductionswirkungen der Windungen eines langen Drathes.

§. 247. Wird nur ein einziger, sehr langer und mit Seide umsponnener Leitungsdrath, der um eine Holzspule eng herumgewickelt worden, mit einer galvanischen Säule in Verbindung gebracht, so können die einzelnen Windungen desselben auf einander inducirend wirken. Das Fig. 66 gegebene Schema wird die Art und Weise, wie diese Thatsache in vielen der bald zu erwähnenden Magnetelektromotoren benutzt wird, klar machen.

Fig. 66.



Denkt man sich, *q* sei die mit dem eingerollten Drathe *s* vereinigte galvanische Kette, so werden die nahen Windungen von *s* Inductionserscheinungen herbeiführen. Rückt man das Drathende *c* an das gegenüber liegende *d*, so wird der Kreis geschlossen. Der Inductionsstrom, der in diesem Augenblicke entsteht, geht in *qsdcb* fast ausschließlich dahin, wenn selbst ein Mensch die metallenen Handhaben *A* und *B* mit seinen befeuchteten Händen umfaßt. Denn *qsdcb* bildet nicht nur den kürzeren Weg, sondern liefert auch einen unverhältnißmäßig kleineren Leitungswiderstand, als der menschliche Körper, der *A* und *B* zu einer Nebenschließung (§. 224.) verbindet. Wird hingegen *c*, wie es die Figur zeigt, entfernt, so erzeugt die Oeffnung einen Inductionsstrom, der jetzt den Menschen durchsetzen muß, weil dieser nur ein Schaltstück des einzig vorhandenen Schließungskreises *qsdBAbq* darstellt. Eine solche Vorrichtung giebt daher nur den Oeffnungs- oder Trennungs-, nicht aber den Schließungsschlag.

Magnetelektromotor.

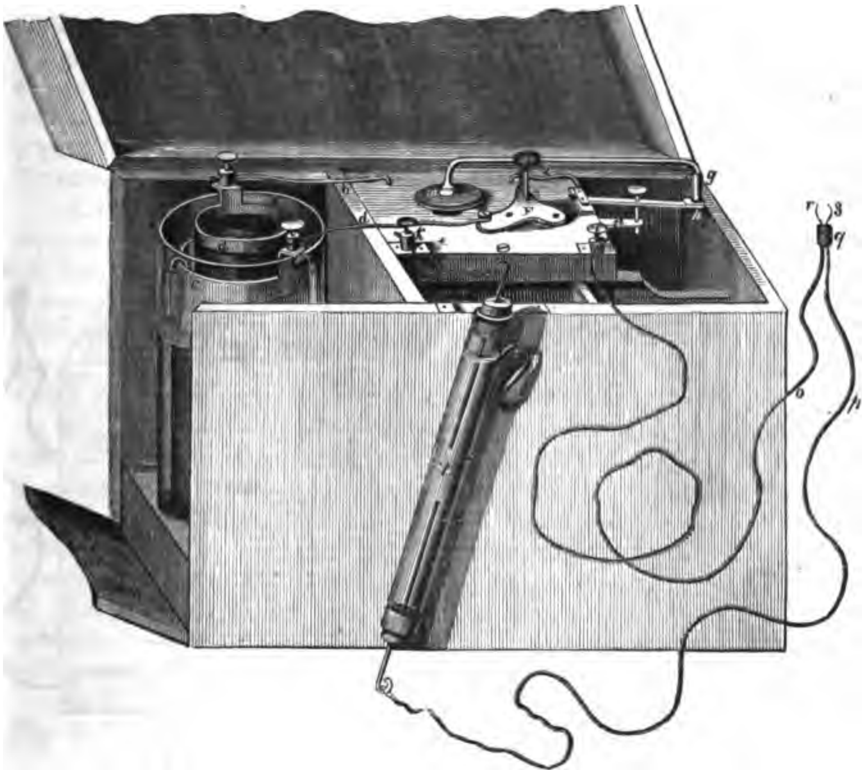
§. 248. Diese Vorbetrachtungen können zur Erläuterung der Wirkungsweise der Magnetelektromotoren hinreichen. Fig. 67 zeigt einen Apparat der Art, der zu physiologischen und medicinischen Zwecken dient. Wir haben in *c* den Zinkcylinder und in *a* den mit dem Kohlencylinder verbundenen Kupferring eines Bunsen'schen Elementes (§. 230.). *b* ist daher der positive und *d* der negative Poldrath (§. 229.). Das Innere des Kastens enthält entweder einen dicken kürzeren, mit *b* und *d* verbundenen inducirenden und einen dünneren langen herumgewickelten Inductionsdrath oder einen einzigen langen Drath, dessen Windungen auf einander inducirend wirken.

Dem sei, wie ihm wolle, so ist das Ganze so eingerichtet, daß der von *b* ausgehende Strom in *i* hervorkommt, die Unterlage *h*, den Hammer *g*, das Messingstück *F* und den anderen Leitungsdrath *d* durchläuft. Die Kette bleibt natürlich nur so lange geschlossen, als der metallische Hammer *g* seine metallene Unterlage *h* berührt. Wird *g* von *h* abgehoben, so öffnet sich der Kettenring.

Ein zweiarmiger, auf einer senkrechten elastischen Metallplatte spielender Hebel, dessen langer Arm den Hammer *g* trägt, führt die unten

mit Eisen beschlagene Platte *m* an dem Ende seines kurzen Armes. Diese liegt aber in einiger Entfernung über einem Eisenstück oder einem

Fig. 67.

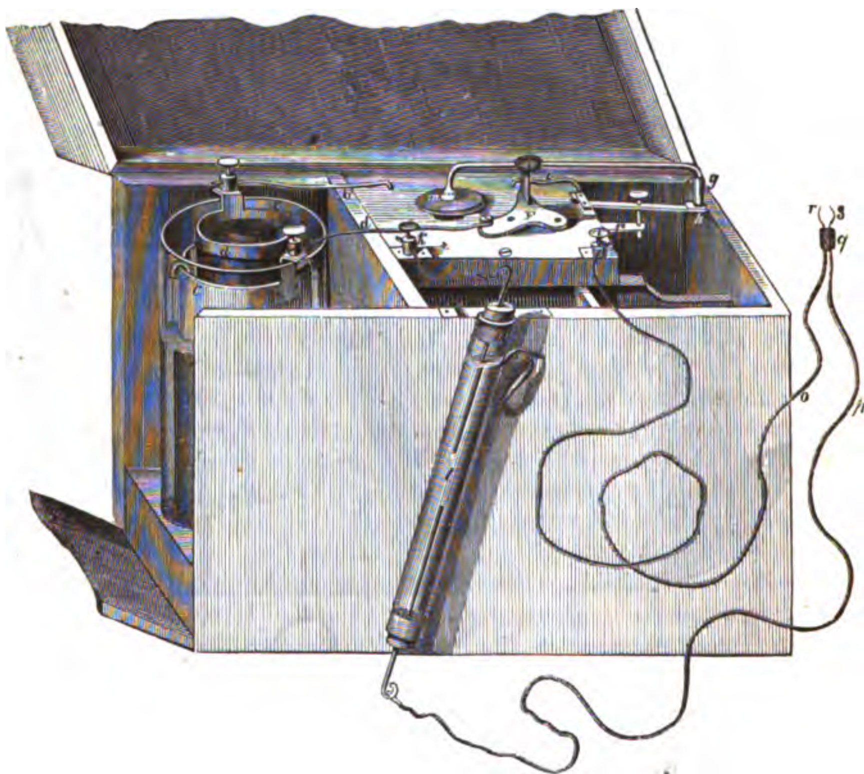


Bündel von Eisendräthen, welche in dem Inneren der von der Inductionsspirale umwickelten Holzspule angebracht sind. Wird die Kette geschlossen, so macht der Strom das Eisen magnetisch. Er zieht die mit Eisen versehene Platte *m* herunter. Der Hammer *g* geht in die Höhe. Er trennt sich daher von seiner Unterlage *h* und öffnet den Kettenring. Dieses hat wiederum zur Folge, daß der Magnetismus des Eisenkernes schwindet. Die Platte *m* wird nicht mehr herabgezogen. Der Hammer *g* fällt auf seine Unterlage *h* herab und das frühere Spiel kann von Neuem beginnen. Man erhält auf diese Weise ein fortwährendes Hämmern, einen anhaltenden Wechsel von Schluß und Oeffnung, der die entsprechenden Inductionsströme gleichzeitig liefert.

Der zwischen einer Oeffnung und einem Schlusse verstreichende Zeitraum wird unter sonst gleichen Verhältnissen von der Länge der Wege, die *m* und *g* durchlaufen müssen, abhängen. Die über *p* sichtbare Stellschraube kann aber *h* mehr oder minder neigen, mithin den Weg von

g nach *h*, wenn *m* um das Gleiche heruntergeht, vergrößern oder verkleinern. Wir werden daher eine geringere Menge von Inductionsströmen in dem ersteren und eine beträchtlichere in dem zweiten Falle für die gleiche Zeiteinheit erhalten müssen.

Fig. 68.



Die beiden Ausgänge *k* und *l*, in welche die Nebendräthe oder die Handhaben eingeschraubt werden, stehen mit der Inductionsspirale in Verbindung, wenn ein inducirender und ein zweiter inducirter Drath vorhanden sind. Es treten daher die Inductionsströme durch den menschlichen Körper immer hindurch. Besitzt hingegen der Apparat nur eine einzige Spirale, so entsprechen *k* und *l* der in Fig. 66. gezeichneten Nebenschließung *A* und *B*. Der Mensch bekommt daher den Oeffnungs-, nicht aber den Schließungsschlag (§. 247.).

Sind die Kupferdräthe *o* und *p* ohne Weiteres in *k* und *l* eingeschraubt und in *q* mit Siegellack isolirt zusammengefügt, so können wir ihre mit metallischen Oberflächen versehenen Fortsetzungen *r s* an einen thierischen Theil anlegen, um die Inductionsströme durch diesen fließen zu lassen. Sein Leitungswiderstand und der unverhältnißmäßig kleinere

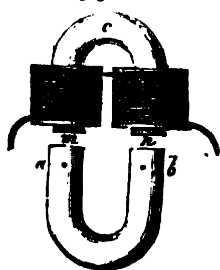
der Metallmassen werden die Stromstärke, die von *b* und *d* ursprünglich stammt, allein bestimmen. Fällt sie aber für unsere Zwecke zu groß aus, so schalten wir den Moderator *t* ein. Es ist dieses eine mit Wasser, Weingeist oder Oel gefüllte Glasröhre, durch deren Verschließungszapfen die beiden getrennten Stücke des Leitungsdrathes *kp* hindurchgehen. Da man diese wechselseitig annähern und entfernen kann, so hat man hierin ein Mittel, die Länge des Weges *t*, den der Strom in der eingeschalteten Flüssigkeit durchlaufen muß, beliebig abzuändern. Der große Leitungswiderstand, den sie liefert, giebt daher ein Mittel, die Stromstärke innerhalb gewisser Grenzen herabzusetzen.

§. 249. Wenn wir einen Bewegungsnerven an *r* und *s* anlegen, so erhalten wir bipolare Zuckungen der entsprechenden Muskelmassen, weil der Nervenstamm beide Poldräthe der Inductionsvorrichtung zu einem Ganzen vereinigt. Steht aber *r* mit dem Erdboden oder einer anderen Ableitung in Verbindung, so können wir auch schon Muskelverkürzungen bekommen, so wie wir den Bewegungsnerven mit *s* allein berühren. Dieser Fall liefert dann unipolare Zusammenziehungen. Bipolare und unipolare Zuckungen.

§. 250. Der anregende Strom der Magnetelektromotoren geht von einer galvanischen Kette aus. Ein elektrischer Strom führt daher hier zu einem zweiten elektrischen Inductionsstrome. Wir haben auf diese Weise elektro-elektrische Ströme. Wie der kreisende Strom der Inductionsspirale das in ihr befindliche Eisen magnetisch macht oder dieses in einen Elektromagneten für den Augenblick umwandelt, so kann auch die Veränderung des magnetischen Zustandes elektrische Inductionsströme veranlassen. Die Wirkung der magnet-elektrischen Rotationsmaschinen fußt auf diesem Verhältnisse. Magnet-elektrische Ströme.

§. 251. Gesetzt, wir hätten einen starken Hufeisenmagneten *ab*, Fig. 69, und einen aus weichem Eisen bestehenden Anker *mcn*, der von einer Inductionsspirale passend umwickelt ist, so wird ein geeignetes Schaltstück von dieser einen Inductionsstrom in den Augenblicken anzeigen, in denen wir *mn* an *ab* anlegen oder von dem Magneten losreißen. Jener fehlt dagegen wiederum, während der Anker *mcn* angefügt bleibt. Die beiden Inductionsströme, die den Schluß und die Trennung des Ankers begleiten, gehen in entgegengesetzten Richtungen dahin. Die Verbindung liefert einen umgekehrten Weg für den elektrischen Strom, wie für das in dem Anker kreisende magnetische Fluidum, die Oeffnung hingegen das Entgegengesetzte. Da hier der Wechsel der magnetischen Zustände die elektrische Inductionsströmung bedingt, so haben wir in diesem Falle magnet-elektrische Ströme im Bereiche der Inductionsspirale.

Fig. 69.



§. 252. Die Wirkung der Rotationsmaschinen beruht auf dieser Thatsache. Dreht man das Rad derselben, so wälzt sich der mit der Magnetelektrische Rotationsmaschine.

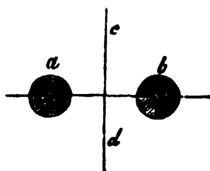
Inductionsspirale versehene Anker im Kreise herum. Er wird dabei in einem vollständigen Kreisgange zwei Mal an die Pole des Magneten entgegengesetzt angelegt und zwei Mal abgerissen. Wir erhalten also zwei entgegengesetzte Schließungen und zwei Oeffnungen, die entsprechende umgekehrte Inductionsströme liefern müssen.

Der umwundene drehbare und von der Inductionsspirale mittelbar oder unmittelbar umgebene Anker heißt der Inductor. Besitzt er einen kurzen und dicken Drath, so nennt man ihn einen Quantitäts-, wenn er hingegen einen langen und dünnen hat, einen Intensitätsinductor. Die Ursache dieser Bezeichnungsweise ergiebt sich schon aus den §. 238 dargestellten Verhältnissen. Die Rotationsmaschinen enthalten nicht selten Nebenvorrichtungen, mittelst deren nur der Trennungsschlag durch den menschlichen Körper geleitet wird, die also dasselbe leisten, wie der Gebrauch der Nebenschließung der mit einer einzigen Spirale versehenen Magnetelektromotoren (§. 247.). Die größere oder geringere Schnelligkeit des Drehens bestimmt hier die Zahl der Inductionsströme, die auf die gleiche Zeiteinheit kommen. Eine langsamere Bewegung liefert daher verhältnißmäßig schwächere Wirkungen. Man kann sie daher mit der tieferen Stellung der Unterlagsplatte *h*, Fig. 68, vergleichen. Will man die Rolle des Moderators *t* wiederholen, so braucht man nur einen Anker zwischen einem Theile der beiden Polflächen des Magneten haften zu lassen. Die Inductionsströme fallen bei vorliegendem Anker schwächer aus, weil der Magnetismus des Erregers auf diese Weise herabgesetzt wird.

Die Magnetelektromotoren können den Rotationsmaschinen aus zweierlei Gründen bei dem medicinischen Gebrauche vorgezogen werden. Die magnetelektrischen Apparate fodern einen eigenen Gehilfen, der die Drehung besorgt. Sie gehen überdies in roheren Händen leichter zu Grunde.

Diamagnetismus. §. 253. Wenn ein Körper zwischen den beiden Polen *a* und *b*, Fig. 70, eines sehr starken Elektromagneten aufgehängt wird, so kann er seine Lage auf eine von zwei Arten verändern. Gehört er zu den magnetischen Massen, so wird er, wenn die Kette geschlossen und hierdurch das Hufeisen magnetisch gemacht worden, angezogen. Er stellt sich daher axial oder in die *ab* verbindende Querlinie. Die schon unter gewöhnlichen Verhältnissen magnetisirbaren Metalle und andere, wie Mangan, Chrom, Platin liefern z. B. diese Art von Ortsveränderung. Besitzt hingegen eine Masse diamagnetische Eigenschaften, so sucht sie sich, wie Faraday entdeckte, äquatorial nach *cd* oder senkrecht auf die Verbindungslinie *ab* zu richten, weil die Magnetpole sie abstoßen. Ein Glasstab zeigt z. B. diese zweite Wirkungsweise.

Fig. 70.

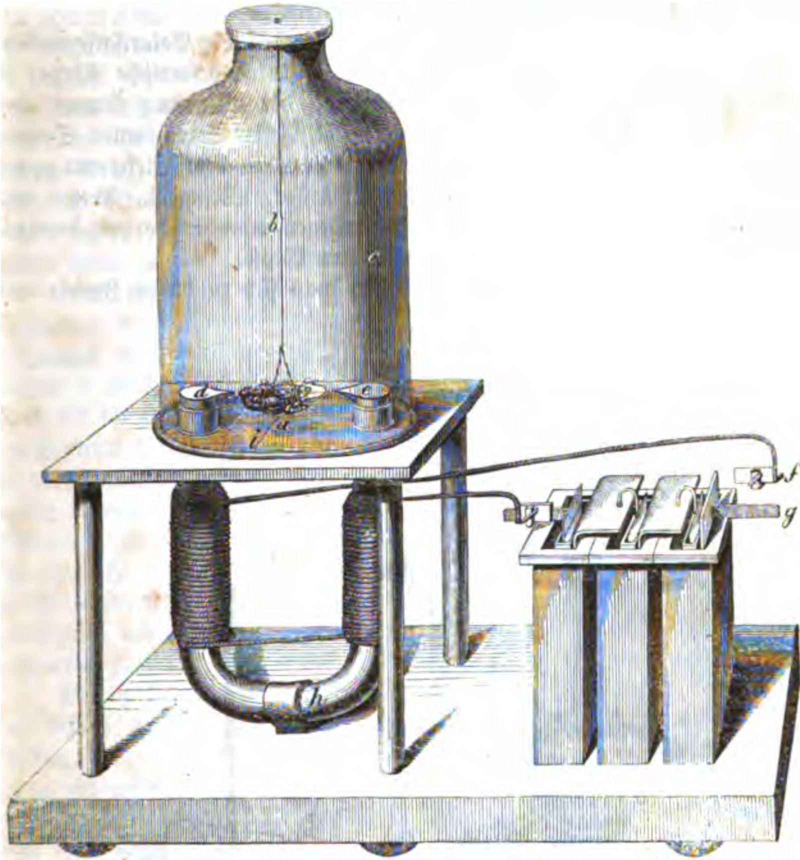


Diamagnetismus der thierischen Gewebe. §. 254. Da das Wasser zu den diamagnetischen Verbindungen gehört, so ließ sich schon von vorn herein erwarten, daß die so wasser-

reichen frischen Thiergewebe diamagnetische Eigenschaften besitzen werden. Zantedeschi fand dieses in der That für das Blut, die Knochen, die Muskeln, die Nerven und die Eier. De la Rive und Brunner wiesen es für den ganzen Frosch nach.

Fig. 71 kann uns die Vorrichtung, deren man sich in diesen Beobachtungen bedient, versinnlichen. Der passend zusammengebundene Frosch *a*

Fig. 71.



wird an einem möglichst langen Cocconfaden *b* aufgehängt, damit dieser einen freien Spielraum der Drehung gestatte. Die umgestürzte Glasglocke soll alle störenden Luftströme abhalten. Schwebt das Thier im Ruhezustande, so daß es, wie Fig. 71 zeigt, axial gerichtet ist, so dreht es sich möglichst äquatorial nach *ai*, so wie man *fg* verbindet, die Zink=Platinbatterie auf diese Weise schließt und das Eisen *h* nebst den aufgesetzten Spitzenstücken *d* und *e* in einen Magneten verwandelt. Nur der Gebrauch sehr kräftiger Elektromagnete kann aber hier zum Ziele führen.

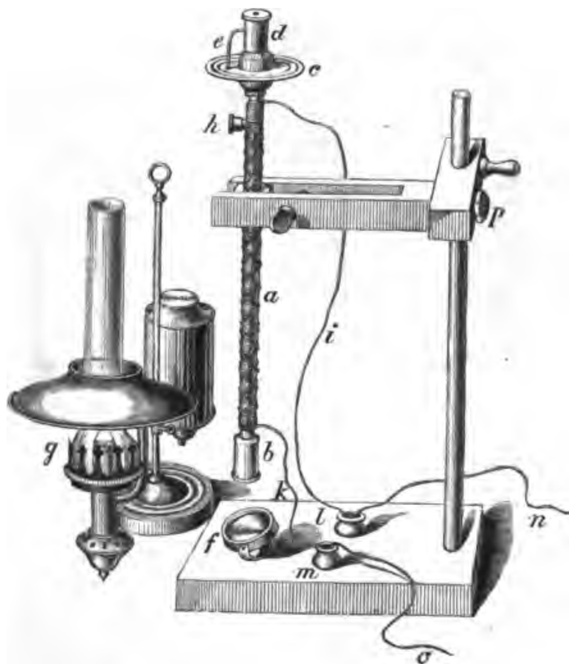
§. 255. Die ausgetrockneten thierischen Theile sind bis jetzt noch

nicht geprüft worden. Es wäre möglich, daß die, welche verhältnißmäßig viel Eisen enthalten, magnetisch wirken, wenn der Einfluß dieses Metalles sich frei geltend machen könnte und nicht von dem der übrigen wahrscheinlich diamagnetischen Molecüle überwunden würde. Die eine optische Achse eines einachsigen und die zwei eines zweiachsigen doppelt brechenden Krystalls wirken nach Plücker abstoßend oder diamagnetisch. Es fehlt noch an Untersuchungen, welche diesen Punkt für passende Pflanzen- oder Thiergewebe näher erläuterten.

§. 256. Sehr starke Elektromagnete drehen die Polarisationsebene der Lichtstrahlen, die gewisse zwischen deren Polen befindliche Körper in axialer Richtung durchsetzen. Die Richtung der Wendung stimmt aber mit der überein, welche ein (positiver) elektrischer Strom einer Spirale haben müßte, um die gleiche Polarität, die er an dem Elektromagneten darböte, einem Eisenkern mitzutheilen. Wasser, Weingeist, Aether und Oel zeigen diese Drehung. Sie fehlt dagegen manchen doppelt brechenden Körpern, wie dem Kalkspath und dem Gipse.

Fig. 72 zeigt einen Apparat, dessen man sich zu diesem Zwecke und

Fig. 72.



um die Circularpolarisation der Flüssigkeiten (§. 173.) zu beobachten, bedienen kann. *a* ist eine der Deutlichkeit des Uebrigen wegen zu lang gezeichnete Messingröhre, die unten mit einem Ansatze, der eine Glasplatte enthält, verschlossen wird. Man schiebt an sie die Fassung *b*,

die ein Nicol'sches Prisma (Fig. 36, S. 60.) führt. Das obere Ende von *a* hat einen zweiten Ansatz, der eine in 360° getheilte Kreisscheibe *c* und eine mit einem zweiten Nicol versehene Fassung *d* trägt. Der Zeiger *e* giebt von der willkührlichen Drehung von *d* Rechenschaft. Der bewegliche Spiegel *f* wirft die von der Lampe *g* kommenden Lichtstrahlen durch *b a d* zurück. Sieht man durch die obere Oeffnung von *d*, so hat man die größtmögliche Helligkeit, wenn die Polarisationsebenen der beiden Nicol parallel stehen, und tiefstes Dunkel, wenn sie sich unter 90° durchkreuzen (§. 172.).

Man nimmt nun den Ansatz *h* von dem kurzen Seitenrohr weg und stellt das obere Nicol auf die größtmögliche Dunkelheit. Nun füllt man eine Auflösung von Zucker, von Eiweiß, filtrirte und mit der zehnfachen Menge Wassers verdünnte Galle, Harn eines Diabetischen oder eines an Albuminurie Leidenden mit einer Pipette von *h* aus ein. Man findet dann, daß man *d* um eine durch *e* angezeigte Winkelgröße drehen muß, wenn wieder das tiefste Dunkel bemerkt werden soll.

a ist oben bis unten von einem sehr langen, mit Seide umsponnenen Kupferdrathe umwunden. Die beiden Enden desselben *i* und *k* tauchen in Quecksilbernäpfchen *l* und *m*. Senkt man nun die Dräthe *n* und *o* der Fig. 72. S. 96. gezeichneten Batterie in *l* und *m* ein, so verrückt sich die Polarisationsebene von Neuem. Man kann aber den Erfolg durch einen Kunstgriff erhöhen. Geht der Strom von *i* nach *k*, so wird er die Polarisationsebene um eine gewisse Größe nach der einen, und wenn er von *k* nach *i* läuft, nach der entgegengesetzten Seite drehen. Man läßt nun den Strom von *i* nach *k* durchtreten und stellt auf Dunkel ein. Leitet man hierauf die elektrische Flüssigkeit von *k* nach *i* durch, so ist natürlich die doppelte Drehung nöthig, damit wieder die frühere Finsterniß auftrete. Man kann die Umkehrung der Polbeziehungen unmittelbar oder mit Hilfe eines Stromwenders zu Stande bringen.

Die in *p* angebrachte Schraube macht es auch möglich, daß man die Röhre *a* wagerecht stellt. Ein mit einer Glasplatte verschlossener Ansatz, der an das obere Ende von *a* angestoßen und auf welchen der von *c* angefügt wird, gestattet es, daß dann Flüssigkeiten von *h* aus eingegossen werden. Die senkrechte Aufstellung gewährt aber den Vortheil, daß man beliebige Mengen ohne Weiteres einfüllen kann.

§. 257. Man besitzt noch keine Beobachtungen, die den Einfluß der elektrischen Ströme auf die Polarisationsverhältnisse fester thierischer Theile, wie der Stärkemehlkörner, der Krystalllinse, der Muskel- oder der Nervenfasern nachweisen.

Chemische Zusammensetzung der organischen Wesen.

Einfache Stoffe der organischen Wesen.

§. 258. Die verschiedenen Theile der Pflanzen und der Thiere enthalten keinen einzigen Stoff, der nicht auch in der unorganischen Welt gefunden würde. Die Natur hat sogar zu ihrem Aufbau nur Körper, die überall vorkommen, zu verwenden gesucht. Es liegt daher in den Nebenbedingungen der meteorologischen Verhältnisse und der zu Gebote stehenden zusammengesetzteten Nahrung, wenn die heißen Gegenden andere Bewohner, als die kalten, die Höhen andere, als die Tiefen besitzen, wenn die in der elastisch flüssigen Umgebung der Atmosphäre gedeihenden Wesen in dem tropfbar flüssigen Mittel des Wassers zu Grunde gehen oder die Wasserthiere in der Luft nicht unausgesetzt fortleben.

§. 259. Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Chlor, Kiesel, Fluor, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisen und Mangan lassen sich in den thierischen Körpern am Häufigsten nachweisen. Eigenthümliche, gesunde oder krankhafte Nahrungsverhältnisse können Jod, Brom, Aluminium, Kupfer, Arsenik, Quecksilber und manche andere Metalle einführen. Viele der übrigen einfachen Stoffe dagegen sind bis jetzt in keinem Theile eines organischen Wesens gefunden worden.

Gase des thierischen Körpers.

§. 260. Die Gase des thierischen Körpers bestehen vorzugsweise aus Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenoxyd, Kohlensäure, Kohlenwasserstoff, Phosphorwasserstoff und Schwefelwasserstoff. Ungewöhnliche Nebenbedingungen können auch andere Luftarten in die Höhlen des Körpers übertreiben, sie von sich aus erzeugen oder durch den Stoffwandel der flüssigen und der festen Gewebe frei machen. Chlor, Arsenikwasserstoff und andere elastisch flüssige Körper halten sich unter gewissen Krankheitsverhältnissen in den Hohlräumen unseres Organismus auf.

§. 261. Verbindungen, die sich bei der Temperatur der Organtheile leicht verflüchtigen, gehen nicht selten in Dunstform davon. Es ereignet sich daher, daß Ammoniak, flüchtige Fettsäuren, Blausäure, Weingeist, Aether zu den freien Oberflächen der Lungen und der Haut in elastisch flüssiger Form hervortreten. Man darf in solchen Fällen nicht außer Acht lassen, daß die eigenthümlichen von der des Wasserdampfes abweichenden Spannkräfte jener Dünste die eudiometrischen Verhältnisse der Athemluft ändern können (§. 187.).

Feuerflüchtige und Aschen-Bestandtheile.

§. 262. Setzt man eine organische Verbindung dem Einflusse hoher Wärmegrade in einer sauerstoffreichen Umgebung aus, so geht ihre

ganze Masse in Gasform im günstigsten Falle davon. Sie führt daher nur feuerflüchtige Bestandtheile. Manche Körper hinterlassen dagegen noch eine Asche, d. h. eine Reihe feuerfester Verbindungen, die neben den feuerflüchtigen vorhanden waren.

Gleichartige Vertheilung der Asche.

§. 263. Hat man ein Gemenge ungleichartiger Gewebe zu dem eben erwähnten Versuche gebraucht, so kann ein Theil derselben aus feuerflüchtigen und ein anderer aus diesen und Aschenelementen zusammengesetzt sein. Der öligte Inhalt der Fettzellen geht in höherer Hitze völlig davon. Die Massen dagegen, aus denen ihre Wände und die zwischen den einzelnen Fettbläschen gelegenen Körper bestehen, liefern außerdem noch Aschenrückstände. Wurde hingegen ein gleichartigeres Gewebe, das beiderlei Arten von Bestandtheilen von vorn herein enthält, verbrannt, so findet man, daß sie an allen oder den meisten Punkten gleichförmig vertheilt sind. Ein ausgeglühter dünner Knochenschliff und selbst ein auf die gleiche Weise behandelter Samenfaden zeigen noch unter dem Mikroskope wesentlich dieselben Formverhältnisse, die sie in dem frischen Zustande darboten. Hat die Einwirkung verdünnter Salzsäure den größten Theil der Aschenverbindungen einem Knochenschliffe entzogen, so besitzt der rückständige Knochenknorpel immer noch die Markcanäle, die Blätter und die Knochenkörperchen, die wir in dem frischen Knochen sehen können.

Gang der Verbrennung.

§. 264. Läßt man die Wärme, der ein organischer Theil in einer sauerstoffreichen Atmosphäre ausgesetzt worden, nach und nach höher steigen, so entfernen sich zuerst die in ihm enthaltenen Gase und die in verhältnißmäßig niederer Temperatur verdampfenden Verbindungen desselben. Er pflegt hierbei vollständig auszutrocknen. Verstärkt sich die Hitze, so verkohlt sich die Masse. Es erzeugen sich neue, sogenannte empyreumatische Nebenverbindungen. Fährt man mit der Erhitzung weiter fort, so sucht sich der Kohlenstoff aller vorhandenen organischen Körper in Kohlensäure und der Wasserstoff in Wasserdampf auf Kosten des zu Gebote stehenden Sauerstoffes umzuwandeln. Der Stickstoff wird meist in Gasform frei. Es kann hierbei vorkommen, daß sich ein Theil des Kohlenstoffes dem Uebergange in Kohlensäure hartnäckig widersetzt. Läßt man aber deshalb den Körper in der starken Glühhitze lange verweilen, so verflüchtigen sich nicht selten einzelne Aschenbestandtheile, wie Kochsalz, oder die Kohlensäure, die früher an Erden gebunden war.

Schwierigkeit der Bestimmung d. festen Rückstandes.

§. 265. Man sieht leicht, daß diese Erscheinungen einen wesentlichen Einfluß auf die Beurtheilung der in solchen Untersuchungen erhaltenen Zahlenwerthe ausüben müssen. Haben wir z. B. einen organischen Körper bei 120° C. ausgetrocknet, so bezieht sich der Gewichtsverlust nicht bloß auf das davon gegangene Durchtränkungswasser, sondern auch auf die anderen flüchtigen Verbindungen, die jenem Wärmegrade nicht widerstehen konnten. Besteht das Ganze aus einer fortlaufenden zusammengebackenen Masse, so hält sie oft eine gewisse Wasser-

menge auf das Hartnäckigste zurück. Hat man sie gepulvert und abermals ausgetrocknet, so wirkt sie nicht selten wie ein hygroskopischer Körper, weil sich Wasserdunst der Atmosphäre in den Zwischenräumen der kleinen festen Theile verdichtet (§. 150.). Wiegt man sie zu warm, so kann die Wärmeleitung (§. 202.) und die Wärmestrahlung (§. 210.) den entsprechenden Wagebalken mehr verlängern und die Gewichtsbestimmung unrichtig machen. Läßt man sie erkalten, so sieht man, wie ihr Gewicht aus dem oben angeführten Grunde allmählig zunimmt. Der feste Rückstand der Blutmasse kann alle diese Fehlerquellen deutlich vor Augen führen.

§. 266. Enthält die organische Masse keine Aschenbestandtheile, so muß keine Spur derselben nach dem Verbrennen übrig bleiben. Führt sie feuerfeste Verbindungen, so darf keine dunklere Färbung einen Ueberrest von Kohlenstoff anzeigen. Hat man sie scharf geglüht, so erhält man leicht zu wenig Asche, weil nicht bloß die gewöhnlichen feuerflüchtigen Stoffe, sondern auch Theile der feuerfesten davongegangen sind.

Hindernisse der chemischen Untersuchung.

§. 267. Man sieht, daß die scheinbar so einfache Bestimmung der Werthe des Wassers, der feuerflüchtigen Verbindungen und der Asche einen nicht unbedeutenden Grad von Unsicherheit einschließt. Betrachten wir die übrigen Verfahrungsarten, deren sich die Chemie bedient, so finden wir, daß sie durchschnittlich weit erheblichere Fehlerquellen, als die beiden anderen Wege der physiologischen Untersuchung, die anatomische und die physikalische Prüfung, darbieten. Ein Theil dieses Uebelstandes liegt in der Natur der Sache. Ein anderer dagegen könnte allerdings durch schärfere Verfahrungsarten beseitigt werden.

§. 268. Die Mikrochemie wäre streng genommen allein im Stande, den physiologischen Foderungen Genüge zu leisten. Arbeitet man mit dem Blute, den Muskeln oder irgend einem anderen Theile im Ganzen, so hat man Gemenge der verschiedensten Gewebe. Es ist nicht viel besser, als wenn man die Gesammtmasse eines Thieres ohne Rücksicht auf die einzelnen Organe der Prüfung unterwerfen wollte. Die Mehrzahl der Gewebe kann höchstens ein gewisses vorherrschendes Merkmal den Ergebnissen aufdrücken. Das Ideal der chemischen Prüfung der organischen ungleichartigen Massen bestände also darin, die verschiedenen mikroskopischen Bestandtheile quantitativ analysiren zu können. Es wird wahrscheinlich nie möglich werden, dieser Aufgabe, einzelne Ausnahmen abgerechnet, irgendwie Genüge zu leisten. Man ist für jetzt höchstens im Stande, qualitative Prüfungen unter dem Vergrößerungsglase vorzunehmen. Scheiden sich Verbindungen in mikroskopischen Krystallen aus, so liefert bisweilen die Form von diesen einen Anhaltpunkt, die Beschaffenheit ihrer Masse näher zu bestimmen. Taf. I. Fig I. zeigt uns z. B. die gewöhnlichen Formen der Krystalle des Kochsalzes, Fig. II. die der Harnsäure, Fig. III. des kleesauren Kalkes und Fig. XVII. i k l der phosphorsauren Ammoniakmagnesia.

§. 269. Die feuerflüchtigen Verbindungen bestehen größtentheils aus Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff oder jenen drei zuerst genannten Stoffen allein. Sie zerfallen daher in stickstoffhaltige oder quaternäre und stickstofflose oder ternäre Massen. Das Stärkmehl, die Zuckerarten, die Milchsäure, die reinen Oele und Fette führen keinen Stickstoff, das Eiweiß, der Faserstoff, der Käsestoff, das Blutroth, der Harnstoff, die Harnsäure, die Hippursäure und die meisten anderen Körper, die wir in den thierischen Organismen antreffen, gehören zur Reihe der stickstoffhaltigen Verbindungen. Stickstoffhaltige und stickstofflose organische Verbindungen.

§. 270. Die Elementaranalyse soll die Mengen des Sauerstoffes, des Wasserstoffes, des Kohlenstoffes und des Stickstoffes der verflüchtigbaren Bestandtheile einer organischen Masse angeben. Wir wollen uns die hierbei in Betracht kommenden Verhältnisse an dem einfachsten Falle, an dem Gange der elementaranalytischen Untersuchung stickstoff- und aschenloser Körper zunächst klar machen. Elementaranalyse.

§. 271. Die Elementaranalyse fodert vor Allem, daß der Körper kein fremdes Wasser enthält, damit die Bestimmungen des Wasserstoffes und des Sauerstoffes fehlerfrei ausfallen. Da aber die Verbrennung in gewöhnlicher Atmosphäre einen kohligen Rückstand übrig lassen würde, so vermischt man die gepulverte Masse mit anderen Körpern, die Sauerstoff in der Glühhitze abgeben, oder verbrennt sie geradezu in einem Strome von Sauerstoffgas.

§. 272. Man hat früher das Kupferoxyd als Beimengungskörper überall gebraucht. Da aber manche organische Verbindungen, vorzüglich viele der so schwer verbrennlichen thierischen Stoffe, Kohlenstäubchen trotz des Sauerstoffes, den das Kupferoxyd mittheilt, zurücklassen, so hat man es später mit dem chromsauren Bleioxyd, das dieser Gefahr in geringerem Maaße aussetzt, vertauscht. Es bietet aber gleich dem Kupferoxyd den Nachtheil dar, daß kein Farbenunterschied die etwa zurückgebliebenen Kohlentheilchen verräth. Man verfährt daher sicherer, wenn man die gepulverte organische Masse mit weißem Quarzsande vermischt, sie in einem Strome von Sauerstoffgas verbrennt und die etwa erzeugten empyreumatischen Dämpfe der Sicherheit wegen durch eine Lage gepulverten Kupferoxydes streichen läßt.

§. 273. Verbrennt z. B. der Milchzucker vollständig, so kann er nur Wasser und Kohlensäure liefern (§. 269.). Hat man zwei Röhren, welche die Wasserdämpfe und die Kohlensäure vollständig aufnehmen, jenen durch die Hitze fortgetriebenen elastisch flüssigen Verbindungen in den Weg gelegt, so wird die Gewichtszunahme die Mengen des Wassers und der Kohlensäure anzeigen.

§. 274. Chlorcalcium, Schwefel- oder Phosphorsäure halten die Wasserdünste möglichst vollkommen zurück. Eine mit Chlorcalciumstückchen gefüllte Röhre oder die Kugelauftreibung eines cylindrischen Rohres, die mit Schwefelsäure durchtränkten Asbest enthält, wird daher die Wassermenge angeben können. Eine Auflösung von kaustischem Kali

verschluckt leicht die ihr dargebotene Kohlensäure. Man wendet sie in dem Liebig'schen Kaliapparate unmittelbar an. Füllt man eine Röhre mit gebrannter abgelöschter Kalkerde, die schon an und für sich die Kohlensäure begierig anzieht und noch überdies mit Kalilösung durchtränkt worden, so kann man seinen Zweck noch sicherer erreichen. Man darf jedoch hierbei einen Umstand nicht außer Augen lassen. Da die Wasser-Absorptionsröhre auf die Verbrennungsröhre unmittelbar folgen muß, so ist die zur Kalkerde übertretende Kohlensäure wasserfrei. Wird die Elementaranalyse eines stickstofflosen Körpers genau gemacht, so muß hier alle Kohlensäure verschluckt werden. Es kann daher kein elastisch flüssiger Körper, der von der Verbrennung der organischen Verbindung herrührt, weiter gehen. Träte aber etwas Sauerstoff, den das Kupferoxyd oder das chromsaure Bleioxyd liefern, am Ende des Versuches frei hervor oder würde dieser unter einem anhaltenden Sauerstoffstrome gemacht, so müßte diese Luftart Wasserdämpfe bei ihrem Durchgange durch den befeuchteten Kalk fortführen. Die Kohlensäureröhre würde hierdurch einem Gewichtsverluste ausgesetzt. Hat sie hingegen hinten einen mit Asbest und Schwefelsäure versehenen Abschnitt, so ist diese Gefahr der Irrung aufgehoben.

§. 275. Wären 0,250 Grm. Milchzucker verbrannt worden, so würden wir 0,151 Grm. Wasser und 0,363 Grm. Kohlensäure erhalten haben. Da jenes 11,11 Gewichtsprocente Wasserstoff und diese 27,27 % Kohlenstoff führt, so liefern 0,250 Grm. Milchzucker 0,017 Grm. Wasserstoff und 0,099 Grm. Kohlenstoff. Das Deficit von 0,134 Grm. rührt natürlich von dem in ihr enthaltenen Sauerstoff her. Berechnen wir das Ganze nach Gewichtsprocenten, so finden wir 6,80 % Wasserstoff, 39,60 % Kohlenstoff und 53,60 % Sauerstoff.

§. 276. Gehört die Masse zu den stickstoffhaltigen Verbindungen, so bestimmt man die Mengen des Kohlenstoffes und des Wasserstoffes in einer ersten und die des Stickstoffes in einer zweiten Analyse. Der Rest fällt wiederum dem Sauerstoff allein oder diesem und den übrigen Bestandtheilen anheim.

§. 277. Da sich der Stickstoff in den gewöhnlichen Verbrennungsarten rein und gasförmig ausscheidet, so hat man ihn früher über Quecksilber aufgefangen, dem Umfang nach bestimmt und das Volumen nach Maaßgabe des Luftdruckes (§. 68.) und des Wärmegrades (§. 195.) auf Gewichtsgrößen zurückgeführt. Die Fehlerquellen, denen diese und alle Raumbestimmungen überhaupt leicht unterworfen sind, bewogen die Chemiker in neuerer Zeit, auch den Stickstoff dem Gewichte nach unmittelbar aufzusuchen. Glüht man eine stickstoffhaltige Verbindung mit Aetzkalk, der mit Natronlauge abgelöscht worden, so bemächtigt sich der Stickstoff, des Wasserstoffes eines Theiles des nebenbei vorhandenen Wassers, um Ammoniak zu bilden. Dieses wird von einer verdünnten Salzsäurelösung, die sich in der Vorlage befindet, vollständig aufgenommen und in Salmiak umgewandelt. Behandelt man dann die Flüssigkeit mit

Platinchlorid und einer Mischung von Weingeist und Aether, so schlägt sich aller Salmiak als Platinsalmiak nieder. Dieser hinterläßt aber bei dem Glühen reines Platin. Da 100 Theile desselben 6,31 Gewichtstheilen Stickstoff entsprechen, so erfährt man auf diese Weise, wie viel von ihm in dem organischen Körper enthalten war. Führt man den Kohlenstoff, den Wasserstoff und den Stickstoff auf Procente zurück, so giebt wiederum der Rest den Sauerstoffgehalt der für sich betrachteten feuerflüchtigen Bestandtheile.

§. 278. Die meisten der bis jetzt ausgeführten Elementaranalysen bieten größere Fehlerquellen, als die in neuerer Zeit vorgenommenen eudiometrischen Untersuchungen der gewöhnlichen Luftarten dar. Man kann eine Gasmischung, die Wasserdämpfe, Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure enthält, so genau analysiren, daß zwei Bestimmungen höchstens um 1 bis 2½ Zehntheile eines Procentes, oft aber noch in geringerem Grade in mehreren wiederholten Bestimmungen für jeden einzelnen Bestandtheil abweichen. Zwei Elementaranalysen desselben stickstofflosen Körpers zeigen nicht selten Unterschiede von vier bis acht Zehntheile der Procente des Kohlenstoffes und des Wasserstoffes. Da eine große Zahl der jetzt noch gebrauchten Untersuchungen der stickstoffhaltigen Verbindungen auf Volumensbestimmungen des Stickstoffes fußt, so kehren bedeutende Schwankungen für diesen Körper ebenfalls wieder.

§. 279. Der Chemiker muß nicht sowohl die procentige Zusammensetzung, als das Atomgewicht und die sichere chemische Formel oder das Aequivalenten-Verhältniß einer Verbindung aufsuchen. Die organische Chemie scheitert in diesem Streben häufiger, als die unorganische. Aequivalentenverhältnisse.

§. 280. Setzt man das Atomgewicht des Sauerstoffes = 100, so beträgt das des Kohlenstoffes 75 und das des Wasserstoffes 12,5. Wenn nun der Milchzucker 39,60 % Kohlenstoff, 6,80 % Wasserstoff und 53,60 % Sauerstoff enthält, so wird er verhältnißmäßig 39,60 : 75 = 0,528 Atome Kohlenstoff, 6,80 : 12,5 = 0,544 Atome Wasserstoff und 53,60 : 100 = 0,536 Atome Sauerstoff besitzen. Führt man diese Brüche auf annähernde ganze Zahlen zurück, läßt man z. B. die beiden letzten Decimalstellen aus diesem Grunde hinweg und verdoppelt die Größe 0,5, so findet man 1 At. Kohlenstoff, 1 At. Wasserstoff und 1 At. Sauerstoff. Denkt man sich daher, daß 75 Gewichtstheile Kohlenstoff, 12,5 Wasserstoff und 100 Sauerstoff zu Milchzucker verbunden wären, so gäbe dieses im Ganzen 187,5. Bestimmt man zur Probe diese letztere Zusammensetzungsart nach Procentwerthen, so bekommt man 40,00 % Kohlenstoff, 6,67 % Wasserstoff und 53,33 % Sauerstoff, mithin Zahlen, die sich den in der Analyse erhaltenen ziemlich annähern. Man könnte daher vorläufig annehmen, daß die Formel des Milchzuckers $C_1H_1O_1$ und das Atomgewicht desselben 187,5 sei.

§. 281. Es ergiebt sich von selbst, daß sich die gegenseitigen Verhältnisse der Bestandtheile nicht ändern, wenn wir alle Atome einer Formel und daher auch das Atomengewicht mit derselben Größe

vervielfältigen. Nimmt man an, daß der Milchzucker nicht aus $C_1 H_1 O_1$, sondern aus $C_{12} H_{12} O_{12}$ besteht, so werden in ihm 12 × 75 = 900 Gewichtseinheiten Kohlenstoff auf 12 × 12,5 = 150 Wasserstoff und 12 × 100 = 1200 Sauerstoff in einer Gesammtmasse von 12 × 187,5 = 2250 kommen. Da nun eine unendliche Menge solcher Multipla möglich ist, so zeigt die bloße Elementaranalyse noch nicht an, welche Formel und welches Atomengewicht eine Verbindung besitzt.

Sättigungscapacität. §. 282. Die Zerlegung der Salze und die Bestimmung der Sättigungscapacität können diese Lücke in geeigneten Fällen ausfüllen. Da es noch nicht gelungen ist, die letztere Größe für den Milchzucker aufzufinden, so bleibt es vorläufig dahingestellt, welche Formel ihm zugeschrieben werden muß. Die später dargestellten Verhältnisse verwandter Körper können höchstens den Ausdruck $C_{12} H_{12} O_{12}$ vorziehen lassen.

Anders hingegen verhält es sich mit der Milchsäure, in die der Milchzucker häufig übergeht. Die Elementaranalyse lehrt, daß sie 44,30 % C., 6,12 % H. und 49,58 % O. führt. Dieses entspricht zunächst $C_6 H_5 O_5$ und dem Atomengewicht 1012,5. Da aber der Milchzucker $C_{12} H_{12} O_{12}$ zu haben scheint, so könnte man auch $C_{12} H_{10} O_{10}$ für die Milchsäure und 2025 für deren Atomengewicht annehmen wollen. Die Untersuchung der Salze führt hier zu entscheidenden Thatsachen.

Gesetzt, 100 Theile milchsauren Baryts ($\overline{L}_1 \dot{B}a_1$), die mit Schwefelsäure vermischt werden, lieferten 74,037 schwefelsauren Baryts ($\dddot{S}_1 \dot{B}a_1$), so ergiebt sich hieraus, daß das Atomengewicht jenes ersteren Salzes 1969,4 beträgt. Das der Schwefelsäure gleicht nämlich 501,165 und das des Baryts 956,88, folglich das des schwefelsauren Baryts 1458,045. Wir haben daher 74,037 : 100 = 1458,045 : 1969,4. Das Atomengewicht der Milchsäure ist dann 1969,4 — 956,88 = 1012,5 und mithin die Formel $C_6 H_5 O_5$. 100 Theile milchsauren Baryts werden 51,52 Milchsäure und 48,58 Baryt enthalten.

Nimmt man an, man hätte 100 Grm. Harnstoff einem Strome trockenen Salzsäuregases ausgesetzt und hierbei 160,36 Grm. trockenen salzsauren Harnstoffes erhalten, so würde hieraus folgen, daß das Atomengewicht des Harnstoffes, wenn das der Salzsäure 455,15 ist, 754,06 beträgt. Dieses entspricht aber $C_2 H_4 N_4 O_2$.

§. 283. Es ist bis jetzt nicht möglich gewesen, die Sättigungscapacität vieler organischen Verbindungen zu ermitteln oder andere Prüfungen, die sonst zur Begründung des wahren Formelwerthes dienen, wie die Combination der Zersetzungsproducte oder das Gewicht des Dampfes der Masse, für sie geltend zu machen. Alle Schlüsse über ihre Zusammensetzung entbehren daher dann einer vollkommen sicheren Grundlage. Man kann nicht beurtheilen, wie weit eine angenommene Annäherungsformel richtig ist, ob verhältnißmäßig größere oder kleinere Atomenzahlen der Wahrheit entsprechen. Eine genauere Betrachtung lehrt aber, daß der Boden selbst in den Fällen, in denen sich jene Verhältnisse nicht geltend machen, lockerer, als es auf den ersten Blick erscheint, auszufallen pflegt.

§. 284. Man nahm früher allgemein an, daß das Atomengewicht des Kohlenstoffes 76,437 und nicht 75 beträgt. Man glaubte, daß der gleiche Werth 6,2398 für ein einfaches Atom Wasserstoff und folglich 12,48 für ein Doppelatom Wasserstoff ausmacht, während man jetzt 12,5 als rundere Zahl voraussetzt. Es kann vorkommen, daß dieser Wechsel der Grundzahl einen schon merklichen Einfluß auf die Menge der Kohlenstoffatome, die man einer organischen Verbindung zuschreibt, ausübt. Da die Formeln der organischen Chemie bald auf älteren und bald auf neueren Bestimmungen fußen, so liegt schon hierin ein Bedingungsglied der Ungleichartigkeit, das nur eine genauere Prüfung der in den Elementaranalysen unmittelbar gefundenen Einzelgrößen beseitigen kann.

§. 285. Das geringe Atomengewicht des Wasserstoffes führt zu einem anderen Uebelstande. Die Schwankungen, welche die Elementaranalysen in dieser Beziehung darbieten, lassen die Atomenmenge jenes Körpers ungewiß, sobald die Sättigungscapacität nicht ermittelt worden und das für die einfachsten Beziehungen vorläufig angenommene Atomengewicht der ganzen Verbindung groß ausfällt. Ein Beispiel kann uns diese Behauptung näher versinnlichen.

Gesetzt, eine Analyse des Eiweißes lieferte 53,54 % Kohlenstoff, 7,22 % Wasserstoff, 15,74 % Stickstoff und 23,70 % Sauerstoff, so erhalten wir 53,54 : 75 = 0,714 für den Kohlenstoff, 7,22 : 12,5 = 0,578 für den Wasserstoff, 15,74 : 88,518 = 0,178 für den Stickstoff und 23,70 : 100 für den Sauerstoff (§. 280.). Fällt das Atomgewicht des Eiweißes so hoch aus, daß man die beiden ersten Decimalstellen als Aequivalenteinheiten nehmen muß, so ergeben sich C_{71} für den Kohlenstoff und H_{58} für den Wasserstoff. Wenn aber eine zweite Analyse $^2/_{10}$ % Abweichung liefert, so daß man 53,34 % für den Kohlenstoff und 7,02 % für den Wasserstoff findet, so hat man 53,34 : 75 = 0,711 und 7,02 : 12,5 = 0,561 für den Wasserstoff. Die Aequivalente wären daher C_{71} und H_{56}, d. h. die $^2/_{10}$ % Unterschied führen zu zwei Wasserstoffatomen weniger, dagegen immer noch zu der gleichen Menge von Kohlenstoffatomen, weil das Atomengewicht des Wasserstoffes 6 Mal so leicht, als das des Kohlenstoffes ausfällt.

§. 286. Die Entscheidung mancher physiologischen Fragen fordert es, daß man die in den Nahrungsmitteln eingeführten Mengen von Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff mit denen, die in dem Kothe und dem Harn austreten, vergleicht. Da hier große Massen in Betracht kommen, während sich die Elementaranalyse nur mit kleinen Quantitäten, und zwar meist nur von $^1/_4$ Grm. beschäftigt, so stellen sich diesem Bemühen zweierlei Schwierigkeiten entgegen. Die Nahrung, die ein Mensch oder ein Thier täglich zu sich nimmt, ist ein Gemenge der verschiedenartigsten organischen Körper. Es bleibt daher ungewiß, ob die zur Elementaranalyse gewählte Probe genau die gleiche Mischung, wie die Gesammtmasse der verzehrten Speisen dargeboten hat. Da man

vervielfältigen. Nimmt man an, daß der Milchzucker nicht aus $C_1 H_1 O_1$, sondern aus $C_{12} H_{12} O_{12}$ besteht, so werden in ihm 12 × 75 = 900 Gewichtseinheiten Kohlenstoff auf 12 × 12,5 = 150 Wasserstoff und 12 × 100 = 1200 Sauerstoff in einer Gesammtmasse von 12 × 187,5 = 2250 kommen. Da nun eine unendliche Menge solcher Multipla möglich ist, so zeigt die bloße Elementaranalyse noch nicht an, welche Formel und welches Atomengewicht eine Verbindung besitzt.

Sättigungs-capacität. §. 282. Die Zerlegung der Salze und die Bestimmung der Sättigungscapacität können diese Lücke in geeigneten Fällen ausfüllen. Da es noch nicht gelungen ist, die letztere Größe für den Milchzucker aufzufinden, so bleibt es vorläufig dahingestellt, welche Formel ihm zugeschrieben werden muß. Die später dargestellten Verhältnisse verwandter Körper können höchstens den Ausdruck $C_{12} H_{12} O_{12}$ vorziehen lassen.

Anders hingegen verhält es sich mit der Milchsäure, in die der Milchzucker häufig übergeht. Die Elementaranalyse lehrt, daß sie 44,30 % C., 6,12 % H. und 49,58 % O. führt. Dieses entspricht zunächst $C_6 H_5 O_5$ und dem Atomengewicht 1012,5. Da aber der Milchzucker $C_{12} H_{12} O_{12}$ zu haben scheint, so könnte man auch $C_{12} H_{10} O_{10}$ für die Milchsäure und 2025 für deren Atomengewicht annehmen wollen. Die Untersuchung der Salze führt hier zu entscheidenden Thatsachen.

Gesetzt, 100 Theile milchsauren Baryts ($\overline{L}_1 \dot{B}a_1$), die mit Schwefelsäure vermischt werden, lieferten 74,037 schwefelsauren Baryts ($\dddot{S}_1 \dot{B}a_1$), so ergiebt sich hieraus, daß das Atomengewicht jenes ersteren Salzes 1969,4 beträgt. Das der Schwefelsäure gleicht nämlich 501,165 und das des Baryts 956,88, folglich das des schwefelsauren Baryts 1458,045. Wir haben daher 74,037 : 100 = 1458,045 : 1969,4. Das Atomengewicht der Milchsäure ist dann 1969,4 — 956,88 = 1012,5 und mithin die Formel $C_6 H_5 O_5$. 100 Theile milchsauren Baryts werden 51,52 Milchsäure und 48,58 Baryt enthalten.

Nimmt man an, man hätte 100 Grm. Harnstoff einem Strome trockenen Salzsäuregases ausgesetzt und hierbei 160,36 Grm. trockenen salzsauren Harnstoffes erhalten, so würde hieraus folgen, daß das Atomengewicht des Harnstoffes, wenn das der Salzsäure 455,15 ist, 754,06 beträgt. Dieses entspricht aber $C_2 H_4 N_4 O_2$.

§. 283. Es ist bis jetzt nicht möglich gewesen, die Sättigungscapacität vieler organischen Verbindungen zu ermitteln oder andere Prüfungen, die sonst zur Begründung des wahren Formelwerthes dienen, wie die Combination der Zersetzungsproducte oder das Gewicht des Dampfes der Masse, für sie geltend zu machen. Alle Schlüsse über ihre Zusammensetzung entbehren daher dann einer vollkommen sicheren Grundlage. Man kann nicht beurtheilen, wie weit eine angenommene Annäherungsformel richtig ist, ob verhältnißmäßig größere oder kleinere Atomenzahlen der Wahrheit entsprechen. Eine genauere Betrachtung lehrt aber, daß der Boden selbst in den Fällen, in denen sich jene Verhältnisse nicht geltend machen, lockerer, als es auf den ersten Blick erscheint, auszufallen pflegt.

§. 284. Man nahm früher allgemein an, daß das Atomengewicht des Kohlenstoffes 76,437 und nicht 75 beträgt. Man glaubte, daß der gleiche Werth 6,2398 für ein einfaches Atom Wasserstoff und folglich 12,48 für ein Doppelatom Wasserstoff ausmacht, während man jetzt 12,5 als rundere Zahl voraussetzt. Es kann vorkommen, daß dieser Wechsel der Grundzahl einen schon merklichen Einfluß auf die Menge der Kohlenstoffatome, die man einer organischen Verbindung zuschreibt, ausübt. Da die Formeln der organischen Chemie bald auf älteren und bald auf neueren Bestimmungen fußen, so liegt schon hierin ein Bedingungsglied der Ungleichartigkeit, das nur eine genauere Prüfung der in den Elementaranalysen unmittelbar gefundenen Einzelgrößen beseitigen kann.

§. 285. Das geringe Atomengewicht des Wasserstoffes führt zu einem anderen Uebelstande. Die Schwankungen, welche die Elementaranalysen in dieser Beziehung darbieten, lassen die Atomenmenge jenes Körpers ungewiß, sobald die Sättigungscapacität nicht ermittelt worden und das für die einfachsten Beziehungen vorläufig angenommene Atomengewicht der ganzen Verbindung groß ausfällt. Ein Beispiel kann uns diese Behauptung näher versinnlichen.

Gesetzt, eine Analyse des Eiweißes lieferte 53,54 % Kohlenstoff, 7,22 % Wasserstoff, 15,74 % Stickstoff und 23,70 % Sauerstoff, so erhalten wir 53,54 : 75 = 0,714 für den Kohlenstoff, 7,22 : 12,5 = 0,578 für den Wasserstoff, 15,74 : 88,518 = 0,178 für den Stickstoff und 23,70 : 100 für den Sauerstoff (§. 280.). Fällt das Atomgewicht des Eiweißes so hoch aus, daß man die beiden ersten Decimalstellen als Aequivalenteinheiten nehmen muß, so ergeben sich C_{71} für den Kohlenstoff und H_{58} für den Wasserstoff. Wenn aber eine zweite Analyse $^2/_{10}$ % Abweichung liefert, so daß man 53,34 % für den Kohlenstoff und 7,02 % für den Wasserstoff findet, so hat man 53,34 : 75 = 0,711 und 7,02 : 12,5 = 0,561 für den Wasserstoff. Die Aequivalente wären daher C_{71} und H_{56}, d. h. die $^2/_{10}$ % Unterschied führen zu zwei Wasserstoffatomen weniger, dagegen immer noch zu der gleichen Menge von Kohlenstoffatomen, weil das Atomengewicht des Wasserstoffes 6 Mal so leicht, als das des Kohlenstoffes ausfällt.

§. 286. Die Entscheidung mancher physiologischen Fragen fordert es, daß man die in den Nahrungsmitteln eingeführten Mengen von Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff mit denen, die in dem Kothe und dem Harn austreten, vergleicht. Da hier große Massen in Betracht kommen, während sich die Elementaranalyse nur mit kleinen Quantitäten, und zwar meist nur von $^1/_4$ Grm. beschäftigt, so stellen sich diesem Bemühen zweierlei Schwierigkeiten entgegen. Die Nahrung, die ein Mensch oder ein Thier täglich zu sich nimmt, ist ein Gemenge der verschiedenartigsten organischen Körper. Es bleibt daher ungewiß, ob die zur Elementaranalyse gewählte Probe genau die gleiche Mischung, wie die Gesammtmasse der verzehrten Speisen dargeboten hat. Da man

aber die Rechnung für Tausende von Grammen anstellen muß, so werden sich die Fehler der Elementaranalyse, die auf der Prüfung von 1/4 Grm. fußen, beträchtlich vervielfältigen. Zufällige Ausgleichungen können diesen Uebelstand beseitigen. Es ist aber auch möglich, daß sich die Irrung des unglücklichen Zusammentreffens wegen beträchtlich erhöht. Feinere Fragen lassen sich daher auf diesem Wege nicht sicher entscheiden. Man kann deshalb aus solchen Untersuchungen nicht bestimmen, wie viel weniger Stickstoff in dem Urin und dem Kothe aus-, als in den Nahrungsmitteln eingeführt wird, wie viel daher mit der Lungen-, der Hautausdünstung und der Abschuppung davongeht.

§. 287. Da der Sauerstoff der elementaranalysirten Körper nur auf negativem Wege mittelst des Deficits gefunden wird (§. 275.), so resümirt er gleichsam alle Fehlerquellen der übrigen Bestandtheile. Fällt z. B. der Kohlenstoff einer stickstofflosen und aschenfreien Verbindung um eben so viel zu niedrig, als der Wasserstoff zu hoch aus, so kann sich eine richtige Zahl für den Sauerstoff zufälliger Weise herausstellen. Befinden sich aber alle Fehler auf einer Seite, sind sie sämmtlich positiv oder negativ, so muß sich die Gesammtsumme der Irrthümer in dem Sauerstoffe ausdrücken.

§. 288. Kein organischer Körper enthält so viel Sauerstoff, daß dieser allen Kohlenstoff, der neben ihm vorhanden ist, in Kohlensäure und allen Wasserstoff in Wasser verwandeln könnte. Es muß ihm daher neuer Sauerstoff bei der vollständigen Verbrennung von außen zugeführt werden. Man hat zu physikalischen und zu physiologischen Zwecken häufig versucht, diese hinzukommenden Sauerstoffmengen nach den elementaranalytischen Werthen zu bestimmen. Die Fehlerquellen müssen hierbei mehr oder minder bedeutende Unsicherheiten herbeiführen.

§. 289. Die für die lebenden Wesen so wichtigen Eiweißkörper und wahrscheinlich noch viele andere organische Verbindungen enthalten Schwefel und Phosphor neben Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff. Diese Nebenkörper lassen sich meist nicht mit hinreichender Schärfe verfolgen. Man kann deshalb die Mengen der einzelnen Bestandtheile nicht genau angeben. Glüht man mit Kupferoxyd (§. 272.), so entbindet sich schwefelige Säure. Sie wird von der Kalilösung aufgenommen und erhöht deshalb den scheinbaren Werth des Kohlenstoffes. Körper, die viel Schwefel führen, können daher zu merklichen Irrungen führen. Wir werden sehen, daß manche Aschenbestandtheile ähnliche Gefahren möglich machen.

Aschenbestandtheile. §. 290. Die Chemie betrachtete bis jetzt die meisten feuerfesten Körper als bloße Nebenverbindungen der feuerflüchtigen. Sie machte nur ausnahmsweise den Versuch, beide zu einem Gesammtbilde zu vereinigen. Es ist jedoch mehr als wahrscheinlich, daß die meisten, wo nicht alle organischen Gewebe aus der verwickelten und innigen Verschmelzung aller Arten von Stoffen, die in ihnen nachgewiesen werden können, hervorgehen. Es können daher die verschiedensten organischen

Massen zum Vorschein kommen, wenn die wesentlichen Aschenbestandtheile verschieden, die feuerflüchtigen Stoffe dagegen unverändert ausfallen.

§. 291. Die in der Glühhitze dargestellte Asche bildet häufig eine andere Mischung, als die Gesammtsumme der unorganischen Körper des entsprechenden frischen pflanzlichen oder thierischen Theiles. Die Veränderungen, welche die Darstellung der Asche begleiten, können in manchen Fällen genauer verfolgt werden. Viele andere hier in Betracht kommende Punkte hingegen müssen vorläufig noch dahingestellt bleiben.

§. 292. Die Knochen, die Zähne, die in dem alkalischen Urin der Säugethiere abgesetzten krystallinischen Kugeln enthalten gewisse Mengen von Kohlensäure. Mischt man eine gegebene Menge des ausgetrockneten Pulvers mit einer gewogenen Masse von Salpetersäure, so daß diese die Kohlensäure austreibt, so wird sich die Menge des davongegangenen Gases aus dem Gewichtsverluste des Ganzen unter Berücksichtigung der Wasserdampfverhältnisse berechnen lassen. Vergleichen wir hiermit die Kohlensäure, die sich in der Asche jener Theile vorfindet, so können dreierlei Fälle vorkommen. Das Pulver des frischen Oberschenkelbeines eines Menschen lieferte z. B. 4,57 und das der Asche desselben 4,53 % Kohlensäure. Die Verbrennung hatte daher hier keinen Unterschied herbeigeführt. Die Zähne dagegen ergaben 3,26 und 2,17 %. Es war mithin ein Theil der Kohlensäure bei dem Glühen verloren gegangen. Die Concremente des Pferdeharnes endlich zeigten frisch 36,92 % Kohlensäure. Der Gewichtsverlust der Asche betrug dagegen 37,78 %. Dieser Ueberschuß hätte möglicher Weise davon herrühren können, daß sich ein organisch saures Salz in ein kohlensaures verwandelt hatte. Die nähere Prüfung enthüllte jedoch die richtigere Ursache des Zuwachses. Da sich die nebenbei vorhandenen schwefelsauren Salze in Schwefelmetalle in der Glühhitze verwandelten, so entband die hinzugefügte Salpetersäure Schwefelwasserstoffgas, das neben der Kohlensäure austrat. Man sieht hieraus, daß die Kohlensäure, die wir in der Asche antreffen, einen nur sehr unrichtigen Maaßstab für die in den frischen Theilen Statt findenden Verhältnisse abzugeben im Stande ist. Kohlensäure des frischen Theiles und der Asche.

§. 293. Die Glühhitze kann noch andere durchgreifende Veränderungen der Bestandtheile herbeiführen. Die Mineralanalyse der Asche liefert daher Verbindungen, die von Anfang an nicht vorhanden waren. Manche Körper verflüchtigen sich außerdem unter diesen Verhältnissen. Man erhält daher zu geringe Aschenmengen. Salze der Asche.

§. 294. Der Schwefel, den der frische organische Theil enthält, verbrennt zunächst zu Schwefelsäure. Diese sucht die nebenbei vorhandenen kohlensauren Salze in schwefelsaure Verbindungen umzuwandeln. Muß das Glühen stickstoff- und kohlenstoffreicher Körper lange fortgesetzt werden, so können Schwefelmetalle entstehen und schwefelige Säure davongehen. Wenn der Harn saures phosphorsaures Natron enthält, so tritt ein Theil der Phosphorsäure in der Glühhitze aus[10]). Phosphorsaures Natron kann Schwefelsäure und Salzsäure frei machen.

Teleoxydische u. meroxydische Körper.

§. 295. Wäre die Asche den organischen Bestandtheilen einfach beigemengt, so ließe sich erwarten, daß geeignete Lösungsmittel alle Bestandtheile derselben aus der frischen Verbindung und der Kohle ausziehen würden. Die Knochen entsprechen dieser Forderung. Sie gehören zu den teleoxydischen organischen Körpern nach Rose's Ausdrucksweise. Wasser und Säuren nehmen alle Mineralsalze, die auch nach dem Glühen zurückbleiben, aus der frischen Substanz hinweg. Die Zähne, die krystallinischen, aus kleinen gesonderten oder drusenartig zusammengefügten Krystallen (Taf. I. Fig. IV.) bestehenden Gehörsteine, die krystallinischen Kugeln (Taf. I. Fig. XXI.) werden wahrscheinlich ähnliche Eigenschaften darbieten. Die Kohle vieler anderer organischer Massen dagegen ist meroxydisch, d. h. sie tritt weniger unorganische Stoffe, als die Asche liefert, dem passenden Lösungsmittel ab. Die des festen Rückstandes des Rindsblutes lieferte z. B. in Rose's Versuchen 33 % und das Eigelb sogar 51 % weniger, während das Eiweiß nur 2,3 % und die des festen Rückstandes des Harnes bloß 0,6 % Abweichung darbot. Keine der bis jetzt geprüften organischen Massen verhielt sich dagegen anoxydisch, d. h. ihre Kohle war nicht im Stande, alle ihre Mineralbestandtheile unter dem Einflusse des Wassers und der Salzsäure zurückzuhalten.

§. 296. Die meroxydischen Eigenschaften bestätigen die §. 263. erwähnte Vermuthung, daß viele der Aschenbestandtheile in eigenthümlicher chemischer Weise mit den feuerflüchtigen Elementen verbunden sind. Die oben angeführten Benennungen von Rose rühren davon her, daß dieser Forscher sich vorstellt, sie seien unmittelbar metallisch und nicht oxydirt in den frischen Körpern enthalten. Ein einfacher Gegenversuch lehrt nämlich, daß die Kohle an und für sich jene Eigenthümlichkeit nicht bedingt. Mischt man Zucker, der selbst keine feuerfesten Stoffe führt (§. 262.), mit den gewöhnlichen Aschenbestandtheilen und verkohlt das Ganze, so lassen sich jene mit den gewöhnlichen Lösungsmitteln vollständig ausziehen.

Ungenügende Analyse organischer Mischungen.

§. 297. Die quantitative Bestimmung der einzelnen Theile von Gemengen, wie sie in dem Blute, dem Harn und den festen Massen unseres Organismus vorkommen, stößt auf so bedeutende Hindernisse, daß die sorgfältigsten Untersuchungen höchstens zu annähernden und nur in beschränkten Grenzen brauchbaren Werthen führen können. Die Mengen des sich in festerer Form absetzenden Faserstoffes wechseln mit der Verschiedenheit der Nebenverhältnisse. Es hängt von den übrigen vorhandenen Verbindungen ab, ob alles Eiweiß oder nur ein Theil desselben in geronnenem Zustande gefällt wird. Dieses reißt wiederum manche Körper, wie den Harnstoff, nieder. Es hindert die Erkenntniß einzelner Elemente, wie des Eisens, die in verhältnißmäßig größerer Menge in der Asche mit Leichtigkeit nachgewiesen werden. Es kann endlich vorkommen, daß die chemische Vorbereitung neue Verbindungen schafft, oder die ursprünglich vorhandenen in andere umsetzt. Das bloße Verweilen an der Luft ändert nicht selten empfindliche Fettkörper, die den Sauer-

stoff mit Begierde aufnehmen. Die Untersuchung der Galle lieferte fast jedem der neueren Chemiker andere Verbindungen, weil die leichte Zersetzbarkeit dieser Mischung neue Erzeugnisse auf jedem Schritte der Untersuchung zu schaffen pflegt. Fügt man Schwefelsäure einer hinreichend starken Auflösung des Harnstoffes hinzu, so zerlegt sich ein Theil desselben in Kohlensäure und Ammoniak. Wir werden noch in der Folge sehen, daß es vorläufig zweifelhaft bleibt, ob manche Ausscheidungsstoffe, die man aus dem Harne oder anderen Bestandtheilen des Körpers darstellt, von vornherein wahrhaft vorhanden sind. Die Selbstzersetzung führt zu ähnlichen Uebelständen. Kreatinin tritt dann z. B. statt Kreatin, Benzoesäure statt Hippursäure, kohlensaures Ammoniak statt Harnstoff hervor. Jede Analyse, wie jede naturwissenschaftliche Beobachtung überhaupt, hat nur dann Werth, wenn der Gang, auf dem die Ergebnisse erhalten worden, angegeben ist, nicht aber, wenn der Forscher die Mittel, die ihn zu seiner Erkenntniß geführt haben, verschweigt oder nur mysteriös und ungenügend mittheilt.

§. 298. Die gewöhnliche chemische Zersetzung besteht in einem gegenseitigen Aequivalentenaustausch, wie ihn die Verwandschaftsgrade gebieten. Da das Atomgewicht der Kohlensäure 275 und das des Kali 589,916 ist, so werden 100 Theile einfach kohlensauren Kalis 31,8 Gewichtstheile Kohlensäure enthalten. Hat nun die Schwefelsäure 501,165 als Aequivalentzahl, so können erst 45,9 Gewichtstheile von dieser die Kohlensäure vollständig austreiben und einfach schwefelsaures Kali erzeugen. Nimmt man weniger, so geht die Umwandlung nur theilweise vor sich. Hat man mehr hinzugefügt, so ist eine gewisse entsprechende Menge von Schwefelsäure in Verhältniß zu dem Neutralsalze überschüssig vorhanden. Die Quantität des Erfolges entspricht hier immer der der Einwirkung. Wahlverwandschaft.

§. 299. Manche Thatsachen führen scheinbar zu anderen Ergebnissen. Es kommt vor, daß ein Körper nur in sehr geringen Mengen vorhanden zu sein braucht, damit sich durchgreifende chemische Veränderungen in einem anderen geltend machen. Geringe Spuren von Diastase können beträchtliche Massen von Kleister in Dextrin und in Traubenzucker überführen. Wenig Ferment reicht hin, den Zucker der Gährung zu überliefern und Kohlensäure austreten zu lassen. Die bloße Anwesenheit eines Metalles, wie des Platins, das scheinbar unverändert bleibt, zerlegt das Wasserstoffsuperoxyd in Sauerstoff und Wasser. Berzelius schrieb diese Erscheinungen einer eigenen katalytischen Kraft zu. Es kann umgekehrt vorkommen, daß geringe Mengen eines Körpers Zersetzungen anderer Massen zu verhüten vermögen. Ein paar Tropfen Schwefelsäure machen es möglich, daß viele Grammen Blausäure ihre Kräfte Jahre lang bewahren. Man hat alle diese Einflüsse, die einzelne Körper trotz ihrer Minimalmengen ausüben, unter dem Namen der Contactwirkungen zusammengefaßt. Contactwirkungen.

§. 300. Zweierlei Nebenbedingungen pflegen sich in allen diesen Fällen geltend zu machen. Die der Contactwirkung nachgebende Ver-

bindung kann sich an und für sich leichter zersetzen. Ihre Molecüle sind gleichsam lockerer vereinigt. Ihre Veränderung kommt auch nicht in der ganzen Masse auf ein Mal, sondern nach und nach zum Vorschein. Diese Thatsachen unterstützen die vorzüglich in neuerer Zeit von Liebig vertheidigte Annahme, daß man hier eine von Molecül zu Molecül fortschreitende Wirkungsweise vor sich hat. Man stellt sich vor, daß Contactkörper, wie die Diastase, die Fermente, von vornherein in Umsatz begriffen sind. Er bestimmt es zunächst, daß die umringenden Atome des dem Contacteinflusse ausgesetzten Körpers ihre chemischen Beziehungen wechseln lassen. Die zerlegten Molecüle wirken auf ihre Nachbaren in ähnlicher Weise. Wir haben daher um so ausgedehntere Erfolge, je länger dieser Vorgang anhält. Da sich aber auch die Summe der als Contactmasse thätigen Atome immer mehr vergrößert, so wird die in einer Zeiteinheit gelieferte Zersetzungsmenge nach und nach zunehmen, sobald nicht die Nebenverhältnisse entgegenwirken.

Der oben erwähnte Einfluß, den die Schwefelsäure auf die Blausäure ausübt, kann in ähnlicher Art erklärt werden. Denkt man sich nämlich, daß die Spuren der beigemengten organischen Verbindungen die Blausäure auf dem Wege der Berührung allmählig zerlegen, so kann man annehmen, daß die Schwefelsäure den Nachtheil beseitigt, weil sie jene geringen Mengen organischer Stoffe verkohlt hat.

§. 301. Der lebende Körper gebraucht manche Contacterscheinungen zu einzelnen Thätigkeiten. Wir werden später sehen, daß viele Verdauungsverhältnisse und wahrscheinlich selbst die befruchtende Wirkung, die der Same auf das Ei ausübt, auf jener Grundlage zu fußen pflegen.

§. 302. Drei Hauptgruppen der organischen Verbindungen, die Kohlenhydrate, die Fette und die Eiweißkörper üben den verhältnißmäßig beträchtlichsten Einfluß auf den Stoffwandel der lebenden Geschöpfe aus. Wir müssen uns daher ihre wesentlichsten Eigenschaften klar zu machen suchen.

Kohlenhydrate. §. 303. Ein Atom Wasser besteht aus einem Atom Sauerstoff und einem Doppelatom Wasserstoff. Wenn nun eine organische Verbindung die gleichen Verhältnißmengen der Aequivalente für Sauerstoff und Wasserstoff, überdies aber eine gewisse Atomzahl von Kohlenstoff und weder Stickstoff noch Asche enthält, so kann man sich vorstellen, daß die Atome des Wasserstoffes und des Sauerstoffes in ähnlichen wechselseitigen Beziehungen, wie im Wasser, vorhanden und der Kohlenstoff als Zugabe dieser Hydratfiction beigefügt worden. Der Name der Kohlenhydrate erklärt sich aus dieser Anschauungsweise. Es versteht sich aber von selbst, daß man jene Körper nicht für wahre Verbindungen der Kohle mit Wasser halten darf.

§. 304. Stellen wir uns die vorzüglichsten der hieher gehörenden Stoffe übersichtlich zusammen, so finden wir:

Körper.	Procentige Menge.			Aequivalentenverhältniß.
	C.	H.	O.	
Stärkemehl	43.65	6,67	49,68	$C_{12}H_{10}O_{10} = A_1$.
Gummi	42,10	6,37	51,53	$C_{12}H_{11}O_{11} = A_1 + H_1O_1$.
Wasserfreier Rohrzucker	44,38	6,41	49,21	$C_{12}H_{10}O_{10} = A_1$.
Krystallisirter Milchzucker	39,58	6,72	53,70	$C_{12}H_{12}O_{12} = A_1 + H_2O_2$.
Wasserfreie Milchsäure .	44,30	6,12	49,58	$C_6H_5O_5 = \frac{1}{2}A_1$.
Essigsäure	39,45	6,67	53,88	$= C_4H_4O_4 = \frac{1}{3}(A_1 + H_2O_2)$ $= C_4H_3O_3 + H_1O_1$.

Man sieht hieraus, daß das Gummi 1 und der krystallisirte Milchzucker 2 Wasseratome mehr enthält, als die Stärke und der wasserfreie Zucker, die beide die gleichen Aequivalentenwerthe nach den gegenwärtigen Annahmen der Chemiker darbieten. Vergleicht man die Procentzahlen, so erhält man zugleich ein anschauliches Bild der verhältnißmäßig bedeutenden Abweichungen, welche die bisherigen Elementaranalysen selbst für einfachere organische Verbindungen darbieten (§. 279.).

§. 305. Die rein dargestellten Fettkörper gehören ebenfalls zu den stickstofflosen organischen Massen. Das Fett und die Fettsäuren zeichnen sich aber dadurch aus, daß sie sehr hohe Procente des Kohlenstoffes und niedere des Wasserstoffes und des Sauerstoffes enthalten. Das leichte Atomgewicht des Wasserstoffes bedingt es, daß sich die Aequivalentenzahlen dieses Körpers denen des Kohlenstoffes dessenungeachtet annähern. Wir haben z. B. Fettkörper.

Körper.	Procentige Zusammensetzung.			Aequivalentenverhältniß.
	C.	H.	O.	
Menschenfett	77,92	11,42	10,66	$C_{10}H_9O_1$.
Elain des Menschenhirns	78,41	11,90	9,69	$C_{10}H_9O_1$.
Baumöl	76,15	13,36	10,49	$C_{10}H_{11}O_1$.
Wasserhaltige Oelsäure .	76,60	12,06	11,34	$C_{34}H_{34}O_4 = C_{34}H_{32}O_3 + H_1O_1$.
Wasserhaltige Margarsäure	75,56	12,59	11,85	$C_{34}H_{34}O_4 = C_{34}H_{32}O_3 + H_1O_1$.
Wasserhaltige Stearinsäure	76,69	12,78	10,53	$C_{68}H_{68}O_7 = C_{68}H_{66}O_5 + H_2O_2$.
Cholesterin (Gallenfett)	83,74	12,00	4,26	$C_{30}H_{27}O_1$.
Glycerin (Oelsüß) ...	39,52	8,94	51,54	$C_6H_7O_5 = C_6H_6O_4 + H_1O_1$.

§. 306. Die Fette verseifen sich unter dem Einflusse von Alkalien. Verseifung. Die erzeugten Fettsäuren verbinden sich dabei mit jenen zu Salzen. Die

gewöhnliche harte Seife enthält z. B. auf diese Weise 50 bis 64% Oelsäure, der eine geringe Menge von Talgsäure beigemischt ist, $4\frac{1}{2}$ bis 10% Natron und 21 bis 45% Wasser. Sie bildet daher eine Natronseife. Die grüne Schmierseife dagegen ist eine Kaliverbindung, die aus 44% fetten Säuren, $9\frac{1}{2}$% Kali und $46\frac{1}{2}$% Wasser besteht. Das Bleipflaster führt ebenfalls die mit den Bleioxyden verbundenen Fettsäuren des Baumöls oder der anderen Oele, aus denen es bereitet worden. Es erzeugt sich hierbei eine gewisse Menge von Glycerin, das sich in dem nebenbei vorhandenen Wasser auflöst.

§. 307. Die Chemiker stellen sich vor, daß ähnliche Seifen mit organischen Basen in den natürlichen Fetten gebildet sind. Man dachte sich früher, daß das Glycerin die Stelle der Base vertritt. Da die genauere Prüfung der Zersetzungsverhältnisse gegen diese Annahme zeugte, so erfand man ein hypothetisches Radical, daß man Lipyl ($C_3 H_2$) nannte. Man setzte daher voraus, daß die Fette Salze von Fettsäuren und Lipyloxyd darstellen. Das flüssige Elain wäre hiernach elainsaures, das feste Stearin stearinsaures und das Margarin margarinsaures Lipyloxyd. Scheidet man die Fettsäure durch eine andere Säure ab, so erzeugt sich Glycerin unter Mithilfe von Wasseratomen aus Lipyloxyd [$C_6 H_7 O_5 = 2 (C_3 H_2 O_1) + 3 (H_1 O_1)$].

§. 308. Wird Gallenfett mit concentrirten Alkalilösungen anhaltend erhitzt, so bleibt es dessenungeachtet unzersetzt. Das Cholesterin besitzt daher nicht die Fähigkeit, mit unorganischen Basen Seifen zu bilden.

Polymere Kohlenwasserstoffsäuren. §. 309. Man kann schon aus der §. 305 gegebenen Uebersicht entnehmen, daß die Kohlen- und die Wasserstoffatome vor den Aequivalenten des Sauerstoffes in den Fettsäuren vorherrschen. Man war daher von jeher geneigt, sie als Kohlenwasserstoffverbindungen, denen sich Sauerstoff beigemischt hat, anzusehen. Theoretische Anschauungen führten zu dem Versuche, die Formeln vieler organischer Verbindungen so zusammenzustellen, daß gewisse beständige Aequivalente des Sauerstoffes wechselnden Aequivalenten von Multiplis des Kohlenwasserstoffes entsprechen. Führt man dieses z. B. für O_4 durch, so begegnet man manchen flüchtigen Fettsäuren und selbst der nicht so flüchtigen Margarinsäure neben anderen organischen Stoffen. Man hat z. B.

Körper.	Aequivalentenverhältniß.
Ameisensäure	$C_2 H_1 O_3 + H_1 O_1 = (CH)_2 O_4$.
Essigsäure	$C_4 H_3 O_3 + H_1 O_1 = (CH)_4 O_4$.
Buttersäure	$C_8 H_7 O_3 + H_1 O_1 = (CH)_8 O_4$.
Baldriansäure	$C_{10} H_9 O_3 + H_1 O_1 = (CH)_{10} O_4$.
Capronsäure	$C_{12} H_{11} O_3 + H_1 O_1 = (CH)_{12} O_4$.
Caprylsäure	$C_{16} H_{15} O_3 + H_1 O_1 = (CH)_{16} O_4$.
Caprinsäure	$C_{20} H_{19} O_3 + H_1 O_1 = (CH)_{20} O_4$.
Margarinsäure	$C_{34} H_{33} O_3 + H_1 O_1 = (CH)_{34} O_4$.

Wir werden sehen, daß manche dieser Körper in den physiologischen Beobachtungen häufig wiederkehren. Sie können im Leben, in Folge der Fäulniß oder unter dem Einflusse der künstlichen chemischen Zersetzungen erzeugt werden.

§. 310. Die Untersuchung der Ernährungserscheinungen wird uns kennen lehren, daß schon die mikroskopischen Beobachtungen auf eine gewisse Beziehung der vorzüglichsten Farbestoffe des thierischen Körpers zu den Fetten hindeuten. Die bis jetzt vorliegenden elementäranalytischen Bemühungen haben zwar einen beträchtlichen Stickstoffgehalt in dem Hämatin oder dem Farbestoffe des Blutes, dem Melanin oder der Grundlage des schwarzen Pigmentes und dem Cholepyrrhin oder dem Gallenfarbestoffe nachgewiesen. Alle diese Körper konnten aber bis jetzt nicht so rein dargestellt werden, daß der Verdacht der Beimischung fremder stickstoffhaltiger Verbindungen beseitigt wäre. Es ist auch möglich, daß hier paarige Verbindungen fettiger und anderer Stoffe vorkommen. Dem sei wie ihm wolle, so scheinen die Werthe, die man für jene unreineren Gemenge erhalten hat, anzudeuten, daß ein beträchtlicher Kohlenstoffgehalt die wesentlichsten thierischen Farbenstoffe auszeichnet. Obgleich der hinzugekommene Stickstoff und selbst das in einzelnen Analysen berechnete Eisen die Procente der übrigen Bestandtheile niederdrücken, so ergaben sich doch 65,35 % C. für das Hämatin und 57,94 % bis 72,95 % für das Melanin. Pigmente.

§. 311. Die Gruppe der Eiweiß- oder, wie man sie in neuerer Zeit zu nennen pflegte, die der Proteinkörper bildet den Hauptmittelpunkt der organischen Massen, von denen der Aufbau der meisten stickstoffhaltigen Gebilde unseres Körpers zunächst ausgeht. Das Eiweiß oder das Albumin, der Faserstoff oder das Fibrin und der Käsestoff oder das Casein können noch am Ehesten in ziemlich reinem Zustande dargestellt und daher wenigstens theilweise genauer verfolgt werden. Es ist aber mehr als wahrscheinlich, daß man sich selbst hier schon mit bloßen Gemengen oder mit wechselnden Mischungen beschäftigt, daß manche der hervortretenden Eigenschaften nicht sowohl von der ursprünglichen Natur der organi- Eiweißkörper.

schen Verbindung, als von der der nebenbei vorhandenen Stoffe herrühren. Andere hieher gerechnete Körper, wie die Oxyde des Protein, das aus dem Blute dargestellte Globulin, das in dem Dotter enthaltene Eiweiß oder das Vitellin, das Legumin, der Pflanzenkleber führen zu noch schwankenderen Ergebnissen, weil ihre genügende, in allen Fällen völlig gleichartige Darstellung zu den Unmöglichkeiten zu gehören scheint.

§. 312. Mulder hatte früher angenommen, daß eine eigenthümliche stickstoffhaltige Verbindung, das Protein, die Grundlage des Eiweißes des Faserstoffes und des Käsestoffes liefert. Die Aequivalente des mit ihm verbundenen Schwefels und des Phosphors sollten nur diese drei Körper wechselseitig unterscheiden. Spätere Erfahrungen lehrten, daß der Phosphor auf bestimmte Atomenzahlen, die ihm als solche zukämen, nicht zurückgeführt und ein schwefelfreies Protein nicht dargestellt werden könne. Die elementaranalytischen Werthe, die man für das Protein gefunden, oder für andere Eiweißkörper ohne Berücksichtigung des Schwefels entworfen hat, liefern daher auch kein ganz genaues Bild derjenigen Bestandtheile, die nach Abzug der Aschensalze übrig bleiben. Rechnet man nun noch hinzu, daß viele Eiweißkörper Beimischungen von Fett und feuerfesten Bestandtheilen auf das Hartnäckigste zurückhalten und daß wahrscheinlich manche von diesen mit den organischen Stoffen unmittelbar verbunden sind, so ergiebt sich, daß die genaueste Elementaranalyse eine nur sehr mangelhafte Anschauung der Zusammensetzung jener Körper zu liefern im Stande ist. Hält man sich an die bis jetzt vorliegenden Werthe, so ergiebt sich:

Körper.	Procentige Zusammensetzung.				Hypothetisches Aequivalentenverhältniß.
	C.	H.	N.	O.	
Eiweiß	53,48	7,17	15,73	23,62	$C_{48} H_{39} N_{12} O_{16}$.
Faserstoff	52.68	6,99	16,60	23,73	$C_{48} H_{38} N_{13} O_{16}$.
Käsestoff	54,21	7,15	15,80	22,84	$C_{48} H_{38} N_{12} O_{15}$.

Gerinnung der Eiweißkörper.

§. 313. Diese Körper können ungeronnen oder geronnen erscheinen. Sie sind in dem ersteren Falle in einer alkalischen oder in gewissen salzhaltigen Flüssigkeiten aufgelöst. Sie schlagen sich in fester Form in dem letzteren nieder. Man kennt noch nicht die feineren hierbei zum Grunde liegenden Veränderungen mit hinreichender Genauigkeit. Die Gerinnung des Blutes beruht auf der Ausscheidung von Faserstoff und die der sauer werdenden Milch auf der des Käsestoffes.

Verschiedenheit der Eiweißkörper.

§. 314. Man spricht gewöhnlich von einem Eiweiß des Hühnereies und dem des Blutserum, einem Faserstoff des Blutes und der Muskeln. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß die Zusammensetzung die-

ser gleichbenannten Körper nicht vollkommen übereinstimmt. Die Thatsachen deuten eben so klar darauf hin, daß Eiweiß, Faserstoff und Käsestoff keine scharf geschiedenen Verbindungen darstellen oder wenigstens häufig in einander übergehen. Einer der Hauptvortheile, den die Natur bei der Erhaltung und dem Aufbau der Körpertheile benutzt, scheint darin zu liegen, daß die zur Gruppe der Eiweißkörper gerechneten Verbindungen der mannigfachsten Veränderungen fähig sind, daß kleinere Unterschiede der Mengenverhältnisse der organischen Bestandtheile beträchtliche des physikalischen Verhaltens nach sich ziehen und fremdartige Stoffe aus den berechneten Zersetzungen mit Leichtigkeit hervorgehen. Die chemischen Einflüsse, denen man die Eiweißkörper in den künstlichen Versuchen unterwirft, greifen vermuthlich viel zu kraftvoll durch, als daß man jene feinen Veränderungen, wie sie die Natur im lebenden Körper verfolgt, ohne beträchtliche Irrwege irgend wie zu erkennen vermag.

§. 315. Kocht man die verschiedenen Horngewebe, das Zellgewebe, die Sehnen, die aus Bindegewebeelementen zusammengefügten Häute, wie die Lederhaut oder die Hausenblase, die Knochenknorpel, mit Wasser, so verwandelt sich ein Theil ihrer Masse in gewöhnlichen Leim, Tischlerleim, Glutin oder Colla, die in der Hitze aufgelöst bleibt, bei dem Erkalten hingegen zu einer Gallerte zu erstarren pflegt. Die Knorpel des Erwachsenen liefern eine andere Leimart, den Knorpelleim oder das Chondrin und das elastische Gewebe einen Leim, der sich von dem Letzteren dadurch unterscheidet, daß er von schwefelsaurem Eisenoxyd nicht niedergeschlagen wird. Leimarten.

§. 316. Man hat den Versuch gemacht, die Gewebe in zwei Klassen, in eiweißhaltige und leimgebende zu sondern. Jene sollten von dem Eisenkaliumcyanid aus ihrer essigsauren Auflösung gefällt und von salpetersaurem Quecksilberoxydul in ihren geringsten Spuren angezeigt werden, diese hingegen die Reaction auf Cyaneisenkalium nicht darbieten. Man kann sich jedoch überzeugen, daß sich die essigsauren Lösungen des Zellgewebes, der Sehnen und anderer leimgebender Körper unter einem Zusatze jener Eisenverbindung niederschlagen. Es schließen sich daher der Gehalt an Eiweißkörpern und die Fähigkeit, sich in höherer Wärme in Gallerte umzuwandeln, wechselseitig nicht aus. Eiweißhaltige und leimgebende Gewebe.

§. 317. Da der Leim aus einer unter dem Einflusse der höheren Wärme und des Wassers eingeleiteten Veränderung der organischen Masse hervorgeht, so läßt sich erwarten, daß seine Zusammensetzung von der der Grundkörper, aus der er erzeugt worden, abweichen wird. Die Elementaranalyse stößt zwar auch hier auf die mehrfach erwähnten Schwierigkeiten, daß man bloße Gemenge zu prüfen pflegt und daß geringe Differenzen der Nebenbedingungen wesentliche Abweichungen der Merkmale herbeiführen. Die bis jetzt gewonnenen Ergebnisse können aber wenigstens andeuten, daß die procentigen Mengen nur verhältnißmäßig wenig, jedoch sichtlich genug geändert werden. Man fand z. B. Umsatz in Leim.

Körper.	Procentige Zusammensetzung.				Hypothetisches Aequivalentenverhältniß.
	C.	H.	N.	O.	
Oberhaut der menschlichen Fußsohle	50,20	6,78	17,23	25,79	$C_{48} H_{39} N_{14} O_{18}$.
Haare des Menschen ..	50,22	6,39	17,23	26,16	$C_{48} H_{39} N_{14} O_{18}$.
Sehnen	50,14	7,17	18,32	24,37	$C_{48} H_{41} N_{15} O_{17}$.
Hausenblase	49,42	6,90	18,79	24,89	$C_{48} H_{40} N_{15} O_{18}$.
Glutin aus Hausenblase	49,37	6,56	18,37	25,70	$C_{48} H_{38} N_{15} O_{19}$.
Knorpelleim	49,47	6,66	14,49	29,38	$C_{40} H_{32} N_{10} O_{18}$.

Pflanzliche und thierische Grundkörper.

§. 318. Die Pflanzen enthalten Eiweißkörper, deren Zusammensetzung mit der der thierischen nahe übereinstimmt. Man sprach sogar, jedoch wahrscheinlich mit Unrecht, von einer vollkommenen Identität der Eiweißkörper beider Naturreiche. Die Elementaranalyse des Chitin, das in der Hornmasse der Flügeldecken der Insekten und in vielen anderen Theilen mancher wirbellosen Geschöpfe vorkommt, führte Schmidt, Kölliker, Löwig und Lehmann zu der Ansicht, daß hier ein der Pflanzenfaser ähnliches Kohlenhydrat mit einer stickstoffreichen Masse verbunden ist.

Thierische Alkaloide.

§. 319. Manche Alkaloide und einzelne ihnen ähnliche Verbindungen können aus den frischen, gesunden oder kranken thierischen Theilen dargestellt oder als Zersetzungserzeugnisse derselben erhalten werden. Das Kreatin ($C_8 H_9 N_6 O_4$) und das Kreatinin ($C_8 H_7 N_6 O_2$), das sich aus den Muskeln, der Fleischbrühe und dem Harn gewinnen läßt, der Leimzucker, die Glycocoll oder das Glycin ($C_4 H_5 N_2 O_4$), welches bei der Zerlegung des Leimes durch starke Säuren erzeugt wird, das Leucin ($C_{12} H_{13} N_2 O_4$), das mit dem Käseoxyd nach Mulder übereinstimmt, aus Käsestoff, Fleisch oder Leim auf künstlichem Wege dargestellt und bei der Fäulniß des Käsestoffes oder des Klebers gebildet werden kann, das Tyrosin ($C_{16} H_9 N_2 O_5$), das sich bei der Behandlung der Eiweißkörper mit Kali und der Fällung mit Essigsäure niederschlägt, gehören in diese Gruppe von organischen Stoffen. Der Harn und die ihm verwandte Allantoisflüssigkeit liefern ebenfalls manche Verbindungen, die zu den sauerstoffhaltigen Alkaloiden gerechnet werden können, z. B. den Harnstoff ($C_2 H_4 N_4 O_2$), das Allantoin ($C_4 H_3 N_4 O_3$), das man in der Harnsackflüssigkeit der Wiederkäuer und in dem Harne junger Kälber gefunden hat, das Guanin ($C_{10} H_5 N_{10} O_2$), welches in dem Guano und dem Kothe der Spinnen bemerkt worden, das Xanthin ($C_5 H_2 N_4 O_2$) und das Cystin, das in manchen Harnsteinen auftritt.

§. 320. Einzelne der hierher gehörenden Verbindungen zeichnen sich durch ihren verhältnißmäßigen Schwefelreichthum aus. Das aus der Galle darstellbare Taurin ($C_4 H_7 N_2 S_2 O_6$) führt nach Redtenbacher 25,6 % und das Cystin ($C_6 H_6 N_2 S_2 O_4$) 26,7 % Schwefel.

§. 321. Wir werden in der Folge sehen, daß der Harn einen großen Theil des aus unserem Körper zu entfernenden Stickstoffes abführt. Man kann aus ihm mehrere Körper, den Harnstoff, die Harnsäure und die Hippursäure, in denen der Stickstoffgehalt in der eben genannten Reihenfolge abnimmt, darstellen. Die Hippursäure liefert endlich die stickstofflose Benzoesäure als ein Erzeugniß der Selbstzersetzung. Stellen wir uns die elementaranalytischen Werthe dieser Körper übersichtlich zusammen, so haben wir: Harnsäuregruppe.

Körper.	Procentige Zusammensetzung.				Aequivalentenverhältniß.
	C.	H.	N.	O.	
Harnstoff	19,75	6,71	46,73	26,81	$C_2 H_4 N_4 O_2$.
Harnsäure	35,33	2,38	34,60	27,69	$C_5 H_2 N_4 O_3$.
Hippursäure	59,91	4,96	7,82	27,31	$C_{18} H_9 N_2 O_6$.
Benzoesäure	68,30	4,86	—	26,84	$C_7 H_3 O$.

§. 322. Der Harnstoff bildet den stickstoffreichsten Körper, den man bis jetzt überhaupt angetroffen hat. Man kann ihn aus cyansaurem Ammoniak ($C_2 N_2 O_1 + N_2 H_3 + H_1 O_1 = C_2 H_4 N_4 O_2$) auf dem Wege des Umsatzes künstlich erzeugen. Schreiten wir in der oben angeführten Tabelle fort, so sehen wir, daß der Kohlenstoffgehalt zunimmt, während die Menge des Stickstoffes zurückgeht.

§. 323. Der lockere Atomenzusammenhang, den die organischen Stoffe darbieten, begünstigt die Selbstzersetzung derselben, so wie die nöthigen Nebenbedingungen, die Wärme, der Sauerstoff, das Wasser oder andere in Umsatz begriffene Körper vorhanden sind. Die Gährung und die Fäulniß, die wir den Bestandtheilen der Pflanzen und der Thiere ausschließlich zuschreiben, bilden an und für sich keine Vorgänge, die ihres Gleichen in der unorganischen Welt nicht hätten. Die Zusammenfügung der Bestandtheile der organischen Körper, ihr leichterer Uebergang in andere Massen und ihre Geneigtheit, Verbrennungsproducte zu bilden, liefern nur einen günstigeren Mutterboden für Eingriffe, die ihre Wirkung selbst in den unorganischen Stoffen nicht immer verfehlen. Selbstzersetzung organischer Körper.

§. 324. Wenn Stärkemehl ($C_{12} H_{10} O_{10}$) oder der aus ihm durch Kochen mit Wasser erzeugte Kleister in Gährung verfällt, so bildet sich zuerst Dextrin (§. 173.) und späterhin Traubenzucker ($C_{12} H_{10} O_{10}$). Man hat hier den einfachsten Atomenumsatz nach den Vorstellungen der gegenwärtigen Chemie. Der Milchzucker oder das Lactin [$C_{12} H_{12} O_{12} = 2 (C_6 H_5 O_5) + H_2 O_2$] geht sehr häufig in Milchsäure ($C_6 H_5 O_5$) über. Man sieht, daß es sich hier nur um einen Austritt von Wasseratomen Zucker- und Milchsäuregährung.

handelt. Man nennt auch den ersteren Fall die Zucker- und den letzteren die Milchsäuregährung.

Weingeist- und Essiggährung. §. 325. Die Wein- und die Essigährung bestehen darin, daß Weingeist und Essigsäure als Nebenerzeugnisse des Umsatzes zum Vorschein kommen. Der Rohr- und der Milchzucker verwandeln sich in Schleimzucker, ehe sie zur Weingeisterzeugung Veranlassung geben. Die Bildung des Weingeistes kann Kohlensäure frei machen. Sie fordert aber nicht nothwendiger Weise den Zutritt von Sauerstoff, sondern höchstens den von Wasseratomen. Man hat z. B. 1 At. krystallisirten Milchzuckers ($C_{12}H_{12}O_{12}$) oder 1 At. wasserfreien Rohrzuckers ($C_{12}H_{10}O_{10}$) + 2 At. Wasser (H_2O_2) = 4 At. Weingeist [$4(C_2H_3O_1)$] + 4 At. Kohlensäure [$4(C_1O_2)$]. Soll sich hingegen der Weingeist in Essigsäure verwandeln, so bedarf es nur eines Zutrittes von Sauerstoff, denn 2 At. Weingeist ($C_4H_6O_2$) + 4 At. Sauerstoff = 1. At. Essigsäure ($C_4H_4O_4$) + 2 At. Wasser (H_2O_2).

Fettgährung. §. 326. Wenn die Fette ranzig werden, so erzeugen sich Fettsäuren. Die Fäulniß der Eiweißkörper und selbst die unter ihrem Einflusse eingeleitete Gährung der Kohlenhydrate können flüchtige Fettsäuren auftreten lassen. Der faulende geronnene Blutfaserstoff liefert Buttersäure neben Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Leucin und Tyrosin. Der fettfreie Käsestoff bildet zuerst kohlensaures Ammoniak und Schwefelammonium und später Ammoniak, Baldriansäure, Buttersäure, Leucin, einen nach Koth riechenden Körper und eine Säure, die sich in Ammoniak, Tyrosin und einer anderen Verbindung zerlegen läßt, unter den gleichen Verhältnissen. Läßt man Rohrzucker unter dem Einflusse des Käsestoffes gähren, so werden Kohlensäure und Wasserstoff frei gemacht, während Buttersäure als Nebenverbindung auftritt. Der Milchzucker kann die Erscheinungen der Buttersäuregährung ebenfalls darbieten. Milchsaurer Kalk verwandelt sich unter dem Einflusse faulender Eiweißkörper in buttersaure Kalkerde.

Fäulniß des Harnstoffs und der verwandten Körper. §. 327. Der faulende Harnstoff geht in kohlensaures Ammoniak über. 1 At. Harnstoff ($C_2H_4N_4O_2$) + 2 At. Wasser (H_2O_2) geben 2 At. kohlensaures Ammoniak [$2(C_1O_2 + H_3N_2)$]. Dieser Umstand trägt dazu bei, daß der im Anfange saure Urin der Menschen im Laufe der Selbstzersetzung alkalisch wird. Man kann sich vorstellen, daß der Zutritt von Sauerstoff und von Wasseratomen die Harnsäure im Harnstoff und Kohlensäure überführt. Denn 1 At. Harnsäure ($C_5H_2N_4O_3$) + 3 At. Sauerstoff (O_3) + 2 At. Wasser (H_2O_2) betragen eben so viel, als 1 At. Harnstoff ($C_2H_4N_4O_2$) + 3 At. Kohlensäure [$3(C_1O_2)$]. Wir haben endlich schon §. 321. gesehen, daß die faulende Hippursäure ($C_{18}H_9N_2O_6$) die stickstofflose Benzoesäure ($C_7H_3O_2$) zum Vorschein kommen läßt.

Fäulnißgase. §. 328. Es ergiebt sich aus dem eben Dargestellten, daß Wasserstoff, Wasser, Kohlensäure und Ammoniak in den Gährungs- und den Fäulnißprocessen häufig frei werden. Diese fordern oft umgekehrt einen

Zutritt von Sauerstoff oder von Wasseratomen. Die Art der Zersetzung und die Erzeugnisse, die aus ihr hervorgehen, wechseln auch mit den dargebotenen Nebenbedingungen und den Wärmegraden, die zur Erleichterung des Ganzen zu Gebote stehen. Wird Wasser nebenbei zersetzt oder Wasserstoff aus anderen Quellen geliefert, so kann auch ein Theil des Kohlenstoffes in Kohlenwasserstoff übergehen. Der unvollkommene Zutritt von Sauerstoff vermag Kohlenoxyd zu liefern. Schwefel und Phosphor werden oft in Schwefel- und Phosphorwasserstoff umgewandelt.

Künstliche Zerlegung der fäulnißfähigen Körper.

§. 329. Man kann nicht bloß die Fäulnißgase, sondern auch viele der hierbei auftretenden organischen Verbindungen durch chemische Vorgänge, vorzüglich durch den Einfluß oxydirender Körper künstlich erzeugen. Die Selbstzersetzung, die wir an den todten organischen Massen wahrnehmen, beruht nur auf einer Reihe von Umsatzverhältnissen, welche von den Nebenbedingungen erleichtert und hin- und wieder beschleunigt werden, nicht aber auf ganz eigenthümlichen Erscheinungen, die unter anderen Beziehungen nicht wiederkehrten. Da häufig der Zutritt von Sauerstoff die Ergebnisse wesentlich bedingt, so hat man auch die Gährungs- und Fäulnißerscheinungen unter dem Bilde der Verbrennung aufgefaßt. Es ergiebt sich aber aus dem früher Dargestellten, daß diese Anschauungsweise auf einer gewissen Einseitigkeit beruht. Viele der Umsatzerscheinungen, welche die Gährung und die Fäulniß begleiten, bedürfen nur der Wasseratome und manche selbst dieser nicht, um wenigstens bis zu einer bestimmten Länge ihrer Bahn fortzuschreiten.

Beschränkte Fäulniß oder Elementaranalyse des lebenden Körpers.

§. 330. Wir können das eben Gesagte auf den lebenden Körper unmittelbar anwenden. Der in das Blut aufgenommene Sauerstoff liefert allerdings die Grundlage vieler Wirkungen des Stoffwandels. Der Abgang von Kohlensäure und die in der Folge zu erläuternde Wassererzeugung, zu welcher der eingeathmete Sauerstoff seinen Beitrag liefert, unterstützen die Annahme, daß fortwährende Verbrennungsprocesse, durchgreifende Elementaranalysen in unserem Körper unterhalten werden. Diese Veränderung schreitet jedoch nicht immer geraden Weges bis zu ihrem Endziele fort, weil die unbrauchbaren Verbindungen nicht vollständig in Kohlensäure, Wasser, Stickstoff oder Ammoniak, sondern nebenbei noch in andere organische Körper, wie den Harnstoff, die Harnsäure, die Hippursäure, Farbestoffe, Schleim und andere Abgangsmassen verwandelt werden. Man hat daher eine beschränkte Elementaranalyse und keine bis zu ihren letzten Consequenzen fortgeführte Fäulniß. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß viele Umsatzerscheinungen ohne die Beihilfe des eingeathmeten Sauerstoffes zu Stande kommen, gleichwie manche Gährungsstufen auch ohne den Zutritt der atmosphärischen Luft möglich bleiben.

§. 331. Der lockere Atomenzusammenhang, den die wesentlichsten Verbindungen unseres Körpers darbieten, die Anwesenheit des Sauerstoffes der Atmosphäre und das überall vorhandene Durchtränkungs-

wasser begünstigen die Selbstzersetzung, die wir in der Fäulniß mehr oder minder ungehindert hervorbrechen sehen. Die Einrichtung des lebenden Organismus, die anhaltende Blutbewegung, die beschränkte Zufuhr des Sauerstoffes, der von ihm zu einem großen Theile abhängige Wärmegrad, der Abschluß vieler Gewebe von dem Zutritt der Atmosphäre, die periodische Ausfuhr von unbrauchbaren organischen Verbindungen, die den eingeführten Sauerstoff nicht unnütz in Anspruch nehmen, endlich die passende Nachbarschaft der auf einander wirkenden Gewebtheile machen es möglich, daß der Körper nicht bloß trotz der großen Veränderlichkeit seines Materials, sondern weil er sich dieser Grundmassen erfreut, seine Endbestimmung vortrefflich erfüllt (§. 8.). Wir haben hier eine fortwährende Labilität, die nur unter krankhaften Bedingungen ihr Ziel verfehlt und dann freilich nicht selten Erzeugnisse liefert, die mit denen der ungehinderten Fäulniß in höherem Grade übereinstimmen.

Zersetzungsreihen des lebenden Körpers.

§. 33[illegible]. Die Verbindungen, welche die Selbstzersetzung erzeugt und die man auf künstlichem Wege darstellen kann, kehren nicht selten im lebenden Körper in einer gewissen geordneten Reihenfolge ebenfalls wieder. Das genossene Stärkemehl kann sich in Zucker und der Milchzucker in Milchsäure verwandeln. Flüchtige Fettsäuren entstehen häufig aus Fetten oder aus Kohlenhydraten. Organischsaure Salze verwandeln sich, ehe sie mit dem Harne entfernt werden, in kohlensaure Verbindungen. Der Wasserauszug des Muskelfleisches enthält zwar nach Liebig keine Spur von Harnstoff. Das aus ihm darstellbare Kreatin zerlegt sich aber in Sarkosin und Harnstoff oder kohlensaures Ammoniak (§. 327.), wenn Aetzbaryt in höherer Wärme einwirkt. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß ein Theil der Harnsäure des lebenden Körpers in Harnstoff und Kohlensäure übergeht (§. 327.). Die Betrachtung der Veränderungen, welche die in den Nahrungscanal eingeführten Körper bis zu ihrem Austritte in dem Harn erleiden, wird uns noch mehrere hierher gehörende Erscheinungen klar machen. Der ganze Stoffwandel beruht auf einem gegenseitigen Umsatze, der sich von dem der Fäulniß und der einfachen Verbrennung quantitativ und qualitativ insofern unterscheidet, als die genaueste Wechselwirkung der einzelnen Bestandtheile des immer im Kampfe begriffenen Organismus nur gewisse berechnete Zersetzungen, so lange die Gesundheit währt, zu gestatten sucht.

Verdauung.

§. 333. Die Nahrungsmittel sollen vor Allem diejenigen Verbindungen, welche andere Thätigkeiten unbrauchbar gemacht, oder aus dem Körper ausgetrieben haben, ersetzen und die Masse des organischen Geschöpfes unversehrt erhalten. Sie liefern aber noch unter günstigen Verhältnissen zweckmäßig verwendbare Ueberschüsse, welche die Summe der vorhandenen Gewebtheile vergrößern oder den ganzen Organismus wachsen lassen. Bestimmung der Nahrungsmittel.

§. 334. Sollen die hinzutretenden Stoffe ihre Bestimmung erfüllen können, so müssen sie in bestimmte organische Verbindungen übergehen. Da diese aus einfachen Körpern der unorganischen Natur zusammengesetzt werden, so wäre es an und für sich möglich, daß jene allein den Zweck der Nahrungsmittel erfüllen könnten. Wir stoßen aber hier auf ein eigenthümliches Gesetz, das sich für die Ernährung des Einzelwesens, wie für die Erhaltung des Geschlechtes in ähnlicher Weise geltend macht. Wir werden in der Zeugungslehre sehen, daß kein neues organisches Wesen der Jetztwelt, so viel man weiß, aus unorganischen Stoffen unmittelbar hervorgeht. Es stammt vielmehr immer aus gewissen organischen Verbindungen, die von einem gleichartigen Mutterkörper geliefert werden. Das Einzelgeschöpf kann sich ebenfalls nur mit organischer, nicht aber mit unorganischer Nahrung erhalten. Grundbedingung der Nahrung.

§. 335. Die Gase und die Mineralkörper, die das Trinkwasser, die verschiedenen Abkochungen, wie der Thee oder der Kaffe, die gegohrenen Getränke, wie das Bier, der Wein oder der Branntwein, einführen, die Aschenbestandtheile, welche die Speisen einschließen, und die Salze, wie das Kochsalz, die man als Würze gebraucht, gehen deshalb keineswegs nutzlos verloren. Sie werden häufig genug für den Umsatz der organischen Gebilde gebraucht. Theile, die viel Asche, die reichliche Mengen von Natron oder von phosphorsauren Verbindungen besitzen, fordern sogar die Zufuhr jener Körper unter regelrechten Verhältnissen. Die Kohlensäure des Trinkwassers kann den so nöthigen einfach kohlensauren Kalk gelöst erhalten und das Kochsalz das erforderliche Natron herbeiführen. Nutzen der unorganischen Verbindungen.

§. 336. Da die Nahrungsmittel aus dem Pflanzen- oder dem Thierreiche stammen, so sondert man sie zunächst in pflanzliche oder vegetabilische und thierische oder animalische. Die Verbindung beider bildet dann eine gemischte Nahrung. Die Berücksichtigung der elementaranalytischen Bestandtheile führt zu einem wichtigeren Unterschiede, als jene Verschiedene Arten der Nahrungsmittel.

nur äußerliche Betrachtungsweise. Die Kohlenhydrate, wie die Stärke und die Zuckerarten, die reinen Fette und Oele bilden stickstofflose, die eiweißhaltigen Körper dagegen stickstoffhaltige Nahrungsmittel. Eine gemischte Speise wird ternäre und quaternäre organische Verbindungen (§. 269.) enthalten. Die meisten von der Natur dargebotenen Nahrungsmittel gehören zu dieser Art von Mischungen. Die Kartoffel führt zwar vor Allem Stärkemehl. Die Körner desselben (Taf. I. Fig. XVII. a.) bilden aber nur den Zelleninhalt. Die übrige Masse führt auch Stickstoff, wiewohl in geringer Menge. Das Fettgewebe bietet ähnliche Verhältnisse dar. Der ölige Inhalt der Fettzellen (Taf. II. Fig. XXVII.) besteht nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, die Wände der Fettbläschen und die zwischen ihnen befindlichen fremden Gewebtheile dagegen aus eiweißartigen Verbindungen. Obgleich die meisten Gebilde des thierischen Körpers zu den stickstoffhaltigen Körpern gehören, so tritt doch das Fleisch in die Reihe der gemischten Nahrungsmittel, weil Fettzellen zwischen den Muskelbündeln eingeschaltet worden.

Speise und Trank. §. 337. Der Hunger, den wir vorzugsweise im Magen und der Durst, den wir vor Allem in der Kehle spüren, verrathen uns das Bedürfniß der festen und der flüssigen Nahrungsmittel oder die Nothwendigkeit der Einfuhr der Speisen und der Getränke. Die tägliche Erfahrung lehrt schon, daß diese beiden, zunächst nur in ihren Dichtigkeitsgraden abweichenden Arten von Erhaltungskörpern absolut nicht geschieden sind. Eine saftige Frucht kann den Durst löschen und eine kräftige halbfeste Gallerte, eine Tasse starker Chokolade den Hunger befriedigen. Die chemische Untersuchung der festen Verbindungen erklärt diese Uebergangserscheinungen. Die gewöhnlichen Getränke führen mehr oder minder bedeutende Mengen fester Stoffe. Alle Speisen, selbst die scheinbar lufttrockenen, verlieren beträchtliche Massen flüchtiger Verbindungen unter den Einflüssen höherer Wärmegrade.

Trinkwasser. §. 338. Das Trinkwasser der laufenden Brunnen von Bern, dessen Eigenschwere 1,0005 bis 1,0008 bei 8° bis 10° C. der Flüssigkeit beträgt, entbindet Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure in der Siedhitze. Die Gesammtmenge dieser Gase beträgt 4,47 bis 8,03 und im Durchschnitt 6,80 Volumenprocente der Flüssigkeit, aus der sie ausgetrieben worden. Sie selbst enthält Kieselsäure, Chlornatrium, Chlorcalcium, Chlormagnesium, salpetersaures und schwefelsaures Kali und Natron, kohlensaure, salpetersaure und schwefelsaure Kalkerde, kohlensaure und schwefelsaure Bittererde und Eisenoxyd. Diese Körper betragen zusammen $^1/_{44}$ bis $^1/_{14}$ und im Mittel $^1/_{20}$ Gewichtsprocente des Trinkwassers. 1 Liter desselben führt 199 bis 395 und durchschnittlich 314 Milligrammen kohlensaurer Kalkerde.

Relativer Werth der Getränke und der Speisen. §. 339. Eine gute Fleischbrühe hinterläßt ungefähr $1^1/_2$ %, die Limonade $3^1/_2$ %, Rheinwein 2 bis $5^1/_2$ und stärkeres Bier $4^1/_2$ bis 7,3 % fester Stoffe. Saftige Gurken liefern aber auch nur 3 % und frische Zwiebeln 6 %.

Rohe Kartoffeln und frisches Rindfleisch verlieren ungefähr $^3/_4$ und Brot etwas weniger, als die Hälfte seines Gewichts bei dem scharfen Austrocknen. Erbsen, Linsen und Bohnen geben 14 bis 16 %. Unreife Kirschen, Pflaumen und Aprikosen enthalten im Allgemeinen etwas mehr Wasser, als reife Früchte der gleichen Art.

Geht kein Fett in flüchtige Fettsäuren über, so kann natürlich das Fettgewebe bei dem Austrocknen nur so viel einbüßen, als die in ihm enthaltenen fremdartigen Gebilde abgeben. Schweineschmalz zeigte deshalb nur 2,4 % und Hammeltalg 3,8 %. Der krystallinische Rohrzucker wird nur das zwischen seinen Pulvertheilchen verdichtete Wasser verlieren. Er lieferte deshalb bloß 0,6 %.

Mit den lufttrockenen Speisen eingeführte Wassermengen.

§. 340. Die Thatsache, daß die festen scheinbar trockenen Speisen eine gewisse Menge von Wasser in den Körper einführen, muß in allen, diesen Theil des Stoffwandels betreffenden Untersuchungen im Auge behalten werden. Ein Harnruhrkranker kann z. B. in seinem Urine mehr Wasser, als er in den Getränken eingenommen hat, von sich geben. Rechnet man aber die Wassermengen der Speisen hinzu, so wird man finden, daß dieses den Unterschied auszugleichen pflegt.

Berauschende Wirkung gegohrener Getränke.

§. 341. Die berauschende Wirkung der gegohrenen Getränke rührt vor Allem von dem Weingeistgehalte her. Die verschiedenen Biersorten pflegen 1,5 bis 8,33 Volumenprocente absoluten Alkohols einzuschließen. Die Rheinweine geben 9,8 bis 12,7 %, die weißen französischen Weine 12,3 bis 14,2%, die Rothweine 12,4 bis 23 %, die Secte oder die süßen Weine 9,9 bis 25,9 % und der ächte Champagner 11,8 bis 13,3 %. Es versteht sich übrigens von selbst, daß hier die Nebenbestandtheile einen wesentlichen Einfluß auf die Wirkung des Getränkes ausüben. Der Geruch des Weines rührt von dem in seinem Fuselöle enthaltenen Oenanthsäureäther her. Die Branntweine enthalten $^1/_3$ oder die Hälfte und selbst noch mehr Weingeist. Ein Theil desselben dunstet, wie der Aether in den Lungen und vielleicht auch an der Haut ab. Es erhöht sich hierdurch die Spannung und mithin das Volumen der Ausathmungsluft (§. 187 fgg.).

§. 342. Die Aufgüsse oder die Abkochungen des Thee, des Kaffe und der Chokolade, die verschiedenen Brühen und das natürlichste Getränk, die Milch, wirken durch die in ihnen aufgelösten festen Verbindungen. Die gegenwärtigen Hilfsmittel der Chemie reichen aber noch nicht hin, ihre Einflüsse klar zu machen. Die zufällige Erfahrung leistet hier immer noch mehr, als die Anstrengungen der Wissenschaft.

Kaffe, Thee und Chocolade.

§. 343. Die Bohnen des Kaffe (Coffea arabica) und die Blätter des chinesischen Thees (Thea bohea) oder des in Südamerika getrunkenen Paraguaythees (Ilex paraguaiensis St. Hil. J. gongonha Martius) enthalten ein Alkaloid der gleichen elementaranalytischen Zusammensetzung. Das Thein sowohl, als das Caffein liefern $C_{16} H_{10} N_8 O_4$. Beide führen daher 49,3 % C., 5,2 % H., 29,1 % N. und 16,4 % O. Man hat

die eigenthümlichen Wirkungen jener Getränke von dem großen Stickstoffgehalte dieser Alkaloide ableiten wollen. Andere Thatsachen, die wir in der Folge kennen lernen werden, lehren jedoch, daß die bloße Menge des Stickstoffes keinen irgend sicheren Maaßstab für den Einfluß, den ein Nahrungsmittel ausübt, zu liefern vermag. Der Kakao (der Same von Theobroma cacao), der zur Chokoladenbereitung dient, wirkt wahrscheinlich durch sein Eiweiß (16,7 %), seine Stärke (10,9 %), sein Oel, die Kakaobutter (53,1 %) und das in ihm vorkommende Alkaloid, das Theobromin ($C_9 H_{10} N_6 O_2$), das sogar 35 % Stickstoff darbietet.

Fleischbrühe. §. 344. Die durch allmähliges Erwärmen des Fleisches erhaltene und abgeschäumte, d. h. von dem geronnenen Eiweiß größtentheils befreite Fleischbrühe führt Milchsäure (§. 304.), Inosinsäure ($C_{10} H_6 N_4 O_{10} + H_1 O_1$), Glutin (§. 317.), Proteintritoxyd ($C_{48} H_{38} N_{12} O_{19}$), Kreatin (§. 319.), Kreatinin (§. 319.) und ungefähr $^1/_4$ des festen Rückstandes an Aschenbestandtheilen, von denen sich $^4/_5$ in Wasser auflösen. Das Fleisch wird hierbei möglichst vollständig ausgezogen und unschmackhafter gemacht. Wirft man es dagegen in kochendes Wasser, so hindern die sich bildenden Umgebungsschichten des geronnenen Eiweißes die vollständige Einwirkung der Flüssigkeit. Die Suppe verliert zum Besten der Genießbarkeit der Fleischmasse.

Bouillontafeln. §. 345. Die sogenannten Bouillontafeln bestehen größtentheils aus Gallerte (§. 317.). Da aber der Leim einen nur geringen Bestandtheil der kräftigen Fleischbrühe ausmacht, so ergiebt sich, daß die Auflösung von jener kein vollständiges Surrogat kräftiger Suppen bilden kann. Sie dienen nur da, wo eine Auflösung von Glutin den Ernährungszwecken zu genügen vermag.

Milch. §. 346. Wir werden in der Folge sehen, daß der ausschließliche Genuß stickstoffloser oder stickstoffhaltiger Speisen den Körper eben so wenig, als die bloße Zufuhr unorganischer Massen erhalten kann. Eine passende, den augenblicklichen Kräften des Organismus zugängliche Mischung verschiedenartiger Bestandtheile kann allein den Bedürfnissen Genüge leisten. Die von der Natur dem Säuglinge dargebotene Milch erfüllt diese Bedingungen in ausgezeichnetem Maaße. Ihr Käsestoff vertritt die Eiweißkörper, ihr Milchzucker die Kohlenhydrate, ihre Butter die Fette und ihre passenden Aschenverbindungen die nöthigen Mineralkörper, die an und für sich gefodert werden oder als Würze hinzuzutreten pflegen.

Bestimmung der Stärke und des Zuckers. §. 347. Die pflanzlichen Nahrungsmittel führen die vorzüglichsten Kohlenhydrate, die Stärke- und die Zuckerarten, in reichlicher Menge ein. Diese Verbindungen bilden aber an und für sich keine bleibenden Bestandtheile der festen thierischen Gewebe. Sie verbrennen zu Kohlensäure und Wasser, halten sich als löslich gemachte Körper in einzelnen Flüssigkeiten, wie dem Blute, der Galle, dem Harne auf oder tragen vielleicht auch zur Erzeugung anderer Massen mittelst ihrer Elementar-

bestandtheile bei. Sie können aber keine bestehende Grundlage des chemischen Gerüstes der thierischen Gewebe ohne Weiteres darstellen.

§. 348. Die Stärkmehlkörner (Taf. I. Fig. XVII. a.), wie sie in den Zellen der Kartoffeln und vieler anderen Gewächse abgelagert sind, erhalten sich in kaltem Wasser unverändert. Werden sie hingegen mit heißem Wasser behandelt, so verwandeln sie sich in Kleister, der sich unter dem Einflusse der Schwefelsäure oder durch Gährungsvorgänge in Dextrin (§. 173.) und dann in Traubenzucker mit Leichtigkeit umsetzt. Diese Erscheinungen liefern einen Fingerzeig, weshalb der Mensch seine stärkmehlreichsten Nahrungsmittel, wie die Kartoffeln, das gewöhnliche Mehl, den Sago, das Arrowroot den Einflüssen des warmen Wassers aussetzt, oder das Mehl berechneten Gährungsprocessen in dem Backen des Brotes aussetzt, ehe er sie in seinen Nahrungscanal einführt.

§. 349. Die in den Wänden der Pflanzenzellen enthaltene und dem Stärkmehl verwandte Cellulose ($C_{24} H_{21} O_{21}$) kann zwar meistentheils durch Schwefelsäure so verändert werden, daß sie sich mit Jod eben so gut, als die Stärke blau färbt (Amyloid). Die Wandungen der verschiedenen festen Gewebe der Gewächse verhalten sich aber dessenungeachtet zu den Verdauungssäften in ungleicher Weise. Stark verholzte Zellen, wie sie in den Kernen der Kirschen, der Pflaumen, der Aprikosen, den Oberhäuten der Stengel und der Blätter vorkommen, können den ganzen Nahrungscanal unversehrt durchsetzen. Sie schließen sogar die in ihm enthaltenen Verbindungen gewissermaaßen hermetisch ab und machen sie für den Körper nutzlos. Nachgiebigere Pflanzenwände dagegen werden früher oder später ebenfalls bewältigt. Es frägt sich noch, ob nur physikalische Aggregatszustände oder tiefere chemische Abweichungen diesen Unterschied herbeiführen. Cellulose.

§. 350. Das Pectin, die Pflanzengallerte oder der von Manchen sogenannte Pflanzenschleim und die aus ihm durch Alkalien erzeugte Pectinsäure ($C_{12} H_8 O_{10}$), die wir in den saftigen Früchten, Stengeln und Wurzeln genießen, scheint sich den eben betrachteten Körpern zunächst anzuschließen und nicht sowohl Bildungs-, als Ernährungsmaterialien gleich den Kohlenhydraten zu liefern. Dasselbe gilt von dem eigentlichen Pflanzenschleime ($C_{24} H_{10} O_{19}$), der in der Salepabkochung und den ihr ähnlichen Getränken enthalten ist. Pectin.

§. 351. Die Schicksale des Traubenzuckers, der in den Nahrungscanal unmittelbar eingeführt oder hier aus Rohrzucker erzeugt wird, scheinen es unmöglich zu machen, daß er eine mehr als vorübergehende Bedeutung für den Organismus erlangt. Ist er in zu großen Mengen vorhanden, so kann ein Theil in dem Harne unverändert abgehen. Es kommt aber sonst vor, daß ihn die Gährungsprocesse umwandeln oder zu Grunde richten. Die weinige Gährung (§. 325.) führt zur Bildung von Weingeist und Kohlensäure, die schleimigte zu der von Milchsäure (§. 325.), Mannazucker oder Mannit ($C_8 H_9 O_8$) und einer gummiähnlichen Masse, und die Buttergährung zu der von Kohlensäure, Wasser- Zucker.

stoff und Buttersäure, die aus der Milchsäure mit Hilfe des Wassers hervorgehen kann (§. 326.).

Fette. §. 352. Die Verdaulichkeit der Fette hängt zum Theil, wie die der Cellulose von ihrem Aggregatszustande, von ihrer Schmelzbarkeit und von der verhältnißmäßigen Menge, die gleichzeitig eingeführt wird, ab. Es können daher auch Fettmassen unter ungünstigeren Verhältnissen zum After heraustreten. Ist dieses nicht der Fall, so vermag das Fett zu verbrennen oder als Gewebtheil abgelagert zu werden.

Eiweißkörper. §. 353. Eiweiß, Faserstoff und Käsestoff werden häufig in aufgelöster oder fester Form in vielen thierischen Nahrungsmitteln eingeführt. Obgleich sie die wesentlichen Bedingungsglieder der Erhaltung und des Wachsthumes bilden, so hängt doch wiederum ihr Nutzen von ihrer Aggregatform und den hiermit verbundenen Nebenverhältnissen ab. Das harte Eiweiß der gesottenen Eier läßt sich schwerer, als das flüssige oder aufgelöste bewältigen. Die Fasermassen des Fleisches trotzen bisweilen theilweise den Verdauungskräften. Der harte Käsestoff scheint verhältnißmäßig große Hindernisse in jedem Falle darzubieten.

Blut. §. 354. Das Blut sollte theoretisch genommen eines der vortrefflichsten Nahrungsmittel bilden, weil es diese Mischung unseres Körpers, von der alle Ausscheidungen ausgehen, am Leichtesten ersetzen könnte. Die diätetische Erfahrung, d. h. die von dem Instincte geleitete Auswahl spricht jedoch eher gegen, als für diese Voraussetzung. Man gebraucht selten reines Blut als Nahrungsmittel. Blutwürste lassen sich keineswegs so leicht verdauen, als sich auf den ersten Blick erwarten ließe. Zweierlei Umstände scheinen hier zum Grunde zu liegen. Die geronnenen Faserstoffmassen mögen schon manche Hindernisse herbeiführen. Es wäre möglich, daß die vorzüglich im Magen eingeleitete Auflösung des Faserstoffes Umsatzerscheinungen, die einen Theil des erwarteten Nutzens aufheben, herbeiführt. Der verhältnißmäßig geringere Fettgehalt des Blutes (0,1 bis 0,33 % der frischen Flüssigkeit) läßt überdies die stickstoffhaltigen Bestandtheile zu sehr vorherrschen. Besteht das Blut im Ganzen aus 53,6 % C., 7,6 % H., 15,8 % N. und 23,0 % O, so nähert sich seine Zusammensetzung der der reinen Eiweißkörper, die ohne fremdartige Beimischung nicht ernähren (§. 346.). Ist das Fleisch von allem mit bloßem Auge kenntlichen Fette gereinigt, so liefert es zwar allerdings eine ähnliche elementaranalytische Zusammensetzung (53,4 % C., 7,9 % H, 15,7 % N. und 23,0 % O.). Wir verzehren es aber in der Regel mit den an ihm haftenden Fettmassen und mit anderen ergänzenden Würzen oder Zusätzen. Es enthält überdies mehr Kali und Talk, das Blut hingegen mehr Natron und Kalkerde.

Zubereitung der Nahrungsmittel. §. 355. Die Zubereitung und die gegenseitige Mischung der Nahrungsmittel üben einen großen Einfluß auf den diätetischen Werth derselben aus. Der Instinct führt hier häufig zu passenden Verbindungen, die Hypercivilisation dagegen zu manchen Anordnungen, die oft sogar

nicht sowohl in Geschmacksgenüssen, als in gewissen Modeverhältnissen, an die sich der Mensch nach und nach gewöhnen muß, begründet sind.

§. 356. Es hat, wie wir sehen werden, seine natürlichen Gründe, wenn wir sehr stärkereiche Nahrungsmittel, wie Kartoffeln, Brot, mit Salz oder Butter versetzen. Die verschiedenen sauren Salatarten, die scharfen Würzen, wie der Pfeffer oder der Senf, und die weingeistreichen Getränke sollen die Magenverdauung der schwer zu bewältigenden Speisen unterstützen, und der schwarze Kaffe, den man nach Tische genießt, den nachtheiligen Einfluß, den die Füllung des Magens auf die Hirnthätigkeit ausüben kann, beseitigen. Die Zubereitung selbst bestimmt die Ernährungsbeziehungen des Fleisches in hohem Grade. Das völlig ausgekochte Rindfleisch, das gewissermaaßen für die Güte der Suppe geopfert worden, liefert ungünstigere Verdauungsbedingungen, als das mäßig ausgekochte oder noch weichere Fleisch (§. 344.). Die bei dem Braten einwirkende höhere Temperatur läßt die Eiweißmassen hüllenartig gerinnen. Diese schützen daher gleichsam vor dem Austritt vieler anderen Stoffe. Man hält alle dem Fleische zukommenden Verbindungen möglichst zusammen. Die empyreumatischen Producte, die sich zugleich erzeugen, und vorzüglich die dichtere Aggregatform, welche diese Zubereitungsart hervorruft, setzen jedoch schon stärkere Verdauungskräfte voraus. Das Kalbfleisch giebt bei dem Kochen mehr als doppelt so viel Gallerte, als das Rindfleisch. Die bis jetzt vorliegenden chemischen Untersuchungen liefern noch keine genügende Anhaltspunkte, um die Schwerverdaulichkeit des Fleisches mancher Vögel, Amphibien, Fische und Krebse klar zu machen.

§. 357. Da die thierischen Nahrungsmittel durchschnittlich leichter und vollständiger, als die pflanzlichen verdaut werden, so finden wir auch im Allgemeinen, daß die Pflanzenfresser oder die Herbivoren weit mehr, als die Fleischfresser oder die Carnivoren zu verzehren pflegen. Dieses hat wiederum häufig zur Folge, daß jene beträchtlichere Getränkmassen einführen müssen. Speisemengen der Pflanzen- und der Fleischfresser.

Eine 425 Kilogr. wiegende Stute erhielt täglich 10 Kilogr. Heu, 2 Kilogr. Hafer und 30 Kilogr. Wasser. Die feste Nahrung wog daher $1/_{35}$ und die flüssige $1/_{14}$, mithin Alles zusammen $1/_{10}$ der Körpermasse. Ein mäßig genährtes Pferd führte 50 bis 60 und ein Thier, das längere Zeit vor dem Tode gefastet hatte, 35 Kilogr. Kothmassen. Die Speisereste betrugen daher $1/_8$ bis $1/_{12}$ des Körpergewichtes. Der tägliche Bedarf einer milchgebenden Kuh steigt auf $1/_{30}$ der Körpermasse an Heu und $2/_{13}$ an Wasser oder $1/_6$ im Ganzen. Der Darminhalt eines 1,05 Kilogr. schweren Kaninchens glich 244 Grm. oder beinahe $1/_4$, der einer 2,85 Kilogr. schweren Katze dagegen, die gefastet hatte, nur $1/_{81}$ der Körpermasse. Eine zweite Katze von 3,8 Kilogr., deren Magen mit halbverdautem Fleische gefüllt war, lieferte $1/_{21}$ bis $1/_{22}$.

Der Nachtheil, den die Pflanzenfresser darzubieten pflegen, rührt von dreierlei Ursachen her. Die Pflanzen enthalten in der Regel von

vorn herein geringe Mengen stickstoffreicher Nahrungsstoffe. Sie müssen daher in größeren Mengen eingeführt werden. Ihre Verdauung geht durchschnittlich unvollkommener und vorzüglich langsamer von Statten. Es kann deshalb die Quantität der gleichzeitig vorhandenen Nahrungsreste zeitweise beträchtlich zunehmen. Die stark verholzten Massen, welche unversehrt abgehen, schließen nicht selten andere nahrhafte Bestandtheile hermetisch ab. Rechnet man nun noch hinzu, daß manche Eiweißverbindungen, die frei liegen, dessen ungeachtet nicht bewältigt werden, so erhält man hierin einen dritten Grund, weshalb der Pflanzenfresser größere Nahrungsmengen nöthig hat.

Gemischte Nahrung des Menschen. §. 358. Da sich der Mensch von gemischten Speisen zu erhalten pflegt, so werden ähnliche Schwankungen mit der Verschiedenheit der Ernährungsweise wiederkehren. Man darf jedoch nicht übersehen, daß zwei Nebenverhältnisse die Nachtheile der Pflanzenkost herabzusetzen pflegen. Der Mensch genießt in der Regel nur Wurzeln, Stengel, Blätter oder Früchte, in denen die zarteren Gewebtheile vorherrschen. Die Vorbereitung des Kochens, die hinzugefügten Würzen machen überdies Vieles verdaulicher, als es im rohen Zustande sein würde.

Entziehung der Nahrungsmittel. §. 359. Werden die Gefühle des Hungers und des Durstes nicht befriedigt, so schwinden sie endlich nach einiger Zeit, um mit erhöhter Kraft später wiederzukehren. Dauert das Fasten unausgesetzt fort, so geht zuletzt der Mensch früher zu Grunde, als seine Körpermassen um die Hälfte abgenommen und seine Organe in einem irgend in die Augen fallenden Grade vertrocknet sind.

§. 360. Der Erwachsene kann, so viel man weiß, ungefähr drei Wochen ohne alle Nahrung fortleben. Nimmt er nur Getränke, in denen keine passenden Ernährungskörper aufgelöst sind, enthält sich aber aller Speisen, so verlängert sich jener Termin möglicher Weise auf 8 bis 10 Wochen. Kinder können den Mangel an Nahrung weniger, als Erwachsene aushalten.

Inanition. §. 361. Thiere, die mit unpassenden stickstofflosen Verbindungen, z. B. mit Zucker oder mit Eiweißkörpern ausschließlich gefüttert werden, gehen ebenfalls an sogenannter Inanition, d. h. an ähnlichen Merkmalen, wie sie Verhungernde darbieten, zu Grunde. Giebt man ihnen Nahrungsmittel, die keine Kalkerde enthalten, so können sich die Nachtheile in Entartungen der Gewebe, z. B. in örtlichen Knochenerweichungen mit der Zeit geltend machen. Die Betrachtung der Ernährungsverhältnisse wird uns zu diesen Erscheinungen zurückführen.

Zahnformen. §. 362. Die Formverschiedenheiten, welche die drei Hauptarten der Zähne, die Schneide-, die Eck- oder Augen- und die Back-, Mahl- oder Stockzähne darbieten, hängen mit den Thätigkeiten derselben innig zusammen. Das Kronenende eines jeden Schneidezahnes, *a*, Fig. 73 (s. f. S.), besitzt eine messerartige Gestalt. Er eignet sich daher am Besten zum Abbeißen der festen Massen, die wir genießen wollen. Ist der Eckzahn gehörig ausgebildet, so läuft er oben in eine mehr oder minder

nagelartige Spitze *a*, Fig. 74, aus. Er kann sich wie ein Keil in festere Massen eindrücken. Man braucht daher auch nicht selten die Augenzähne, um Zuckerstücke, Nüsse und andere härtere Körper gewaltsam zu sprengen. Sie haben jedoch bisweilen so unbestimmte Formen, daß sie jene eigenthümliche Bestimmung fast gar nicht erfüllen und eher nur Uebergangsbildungen zu den Backzähnen darstellen. Die Stockzähne endlich liefern breite gefurchte Kauflächen *a*, Fig. 75, die sich vor Allem zum Zerdrücken und, wenn sie seitlich bewegt werden, zum Zermalmen eignen. Der Name Mahlzähne bezieht sich auf diese zweite Eigenschaft, die im Menschen weniger, als in manchen Säugethieren hervortritt.

Fig. 73.



Fig. 74.



Fig. 75.



§. 363. Die mechanischen Bestimmungen der Zähne erklären die wesentlichsten Eigenthümlichkeiten derselben. Ihre langen Wurzeln (*b*, Fig. 73 bis 75) stehen wie fest eingeschlagene Nägel in den Kieferfächern. Die zahlreichen ihnen zukommenden Empfindungsnerven sind in das Innere, in das Zahnsäckchen verlegt, damit die Druckwirkungen, welche die äußeren Oberflächen treffen, keine Schmerzen herbeiführen. Das Hauptgerüst des Zahnes besteht aus der an ihren Zahnfasern oder Zahnröhrchen (Taf. III. Fig. XLIX. a. b.) kenntlichen ächten Zahnsubstanz. Der aus dichten Schmelzfasern (Taf. III. Fig. XLIX. b. c.) zusammengewebte Schmelz umgiebt die ganze freie Krone des Zahnes (*a*, Fig. 73 bis 75). Die Beschaffenheit und die berechnete Verwebung seiner Elemente verleihen ihm eine größere Härte, als irgend einem thierischen Theile. Der Bau dieser Hauptmassen des Zahnes weicht von dem der Knochen wesentlich ab. Nur die dünne Cementschicht, welche die Wurzel der Menschenzähne bekleidet und eine beträchtlichere Entwickelung in vielen Säugethieren erreicht, bietet insofern eine gewisse Aehnlichkeit dar, als sie wahre Knochenkörperchen in dem Menschen und überdies noch Markcanäle im Pferde besitzt (Taf. III. Fig. L.). Bau der Zähne.

§. 364. Die meisten Zahnbeschwerden gehen von dem Schmelze ursprünglich aus. Er springt leicht unter dem Einflusse stärkerer Druckkräfte. Säuren ätzen ihn schon in beträchtlichen Verdünnungen an. Wenn sie die Zähne stumpf machen, so dringen dann wahrscheinlich Minimalmengen derselben bis zu dem Zahnsäckchen vor. Hat die ächte Zahnsubstanz ihren Schmelzüberzug eingebüßt, so scheint sie sich ohne diese Schutzhülle nicht behaupten zu können. Der Zahn wird an der entsprechenden Stelle hohl. Die Krone geht später nach und nach gänzlich zu Grunde. Schutzwirkung des Schmelzes.

§. 365. Der Unterkiefer *ai*, Fig. 76 (s. f. S.), wird bei dem Kauen gegen die unbeweglich bleibende obere Kinnlade *kg* angedrückt. Da die oberen und die unteren Zahnreihen symmetrisch stehen, so wirken dann nur entsprechende, in ihren Kauflächen übereinstimmende Zähne Kieferbewegung bei dem Kauen.

gegen einander. Die Schneidezähne arbeiten daher gleich Scheerenblättern, die Eckzähne, wie Keile, die in entgegengesetzten Richtungen genähert werden, und die Backzähne, wie unebene Druckflächen, von denen die Vertiefungen der einen in die Erhabenheiten der anderen hineinpassen.

Fig. 76.



Kaumuskeln. §. 366. Die Kaumuskeln (Temporalis, Masseter und Pherygoidei) benutzen den unbeweglichen Schädel als festen Anhaltspunkt. Sie ziehen daher die Unterkinnlade in den von ihrem Faserverlaufe bestimmten Richtungen fort. Der Schläfenmuskel heftet sich z. B. an die Schläfengrube *d*, Fig. 76, während sich seine Sehne an den Kronenfortsatz *b* der unteren Kinnlade *ai* ansetzt. Er zieht daher in der Richtung *db* und führt so den Unterkiefer empor. Die Schläfe eines kauenden Menschen schwillt aus diesem Grunde sichtlich an. Sie schmerzt, wenn diese Bewegungsweise zu lange fortgesetzt worden.

§. 367. Das Kauen des Menschen beschränkt sich größtentheils auf die Hebung und die Senkung des Unterkiefers. Wir können ihn zwar auch noch nach vorn und den Seiten verschieben. Diese Bewegungsarten haben jedoch in uns eine untergeordnetere Bedeutung, als für viele Säugethiere, z. B. die Wiederkäuer, welche die zähen Pflanzenstengel nachdrücklicher zermalmen müssen.

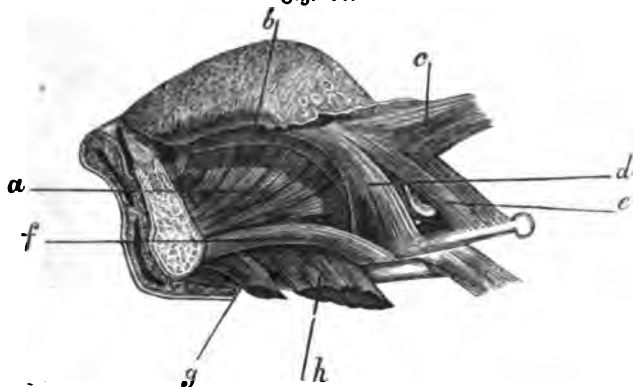
Zungenbewegungen. §. 368. Die eben so fein tastende, als in hohem Grade bewegliche Zunge ordnet die Ortsveränderungen, die das Kauen und zum Theil auch das Trinken voraussetzen. Wenn die Schneidezähne den Bissen losgetrennt, so drückt sie ihn gegen den harten Gaumen und schiebt ihn zwischen die Backzähne, damit er hier vollständiger zermalmt werde. Haben jene ihre Pflicht gethan, so wird die gekaute Masse durch den Druck der Wangen nach der Zungenoberfläche zurückgeleitet. Diese spielt jetzt in berechneter Weise. Ihr Vordertheil stemmt sich gegen den harten Gaumen, um die unzweckmäßige Rückkehr nach vorn unmöglich zu machen. Die übrigen Abschnitte dagegen zwängen die feste Masse nach hinten, damit sie auf der Zungenwurzel nach dem Racheneingange dahingleite.

Trinken. §. 369. Wir können die Getränke so eingießen, daß sie von selbst nach dem Schlundkopfe überfließen. Die Zunge höhlt sich schon oft in diesem Falle aus, damit sie eine passende Leitungsfurche darbiete. Es

kommt häufig vor, daß wir die Flüssigkeiten bei dem Trinken einsaugen. Wir erweitern die Mundhöhle. Die Raumvergrößerung erzeugt eine geringere Spannung der luftförmigen Inhaltsmassen. Der äußere Atmosphärendruck (§. 84 fgg.) treibt daher eine entsprechende Flüssigkeitsmenge ein. Ist dieses geschehen, so spielt wiederum die Zunge gegen den harten Gaumen. Sie führt das Ganze in sicherer Bahn nach dem Rachen hin.

§. 370. Die Anatomie kann nur die größeren Gruppen der Verkürzungsmassen, welche dieses, eines unendlichen Wechsels fähige Muskelspiel möglich machen, genügend nachweisen. Die einzelnen Fasern, vorzüglich des eigentlichen Zungenmuskels (Lingualis, *b*, Fig. 77) und — Einzelthätigkeiten der Zungenmuskeln.

Fig. 77.



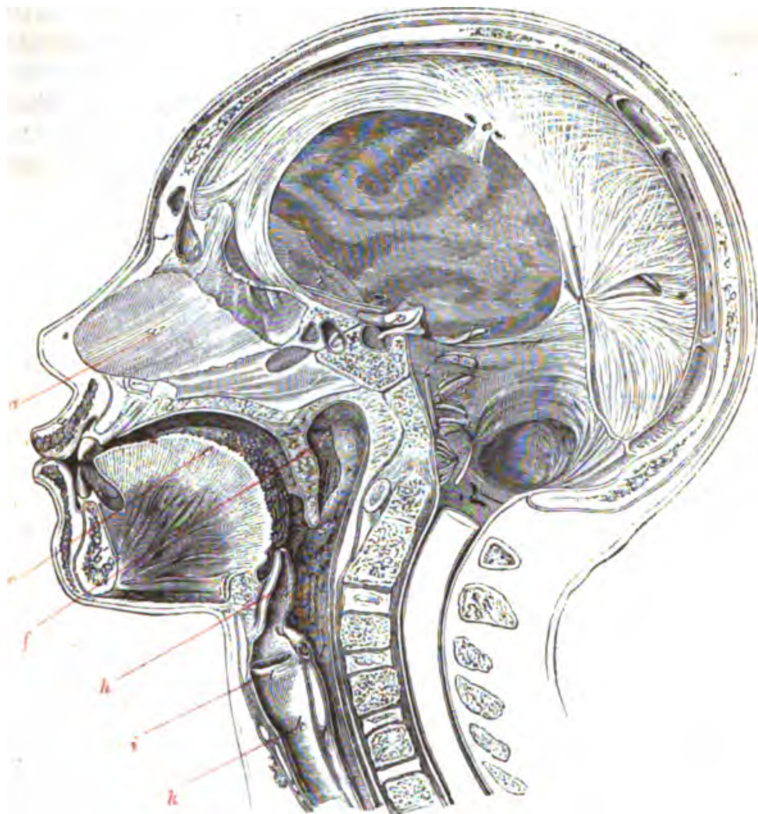
der in ihn einstrahlenden anderen Muskeln sind so sehr verwebt, daß die mannigfachsten, kaum sicher zu verfolgenden Combinationen möglich werden.

§. 371. Der Zungenmuskel selbst heftet sich an keinen Knochen an. Er kann daher auf das Verschiedenartigste wirken, je nachdem er diese oder jene Weichgebilde als Ausgangspunkte benutzt. Die übrigen hier in Betracht kommenden Verkürzungsgebilde zerfallen in zwei Klassen. Die eine, (Genioglossus, *a*, Fig. 77, Styloglossus, *c*, Fig. 77) setzt sich an verhältnißmäßig unbewegliche Theile, den Unterkiefer oder den Griffelfortsatz, die zweite hingegen (Hyoglossus, *de*, Fig. 77) an das Zungenbein, d. h. an einen Theil, den wiederum andere Muskeln verrücken können. Man sieht leicht, daß dieses auf die Verhältnisse der Zunge wesentlich zurückwirken wird.

§. 372. Hat diese, *c*, Fig. 78 (s. f. S.), den Bissen bis zu ihrem Wurzeltheile vorgeschoben, so schließt sie die Rückkehr nach vorn, indem sich ihr Mitteltheil gegen den harten Gaumen *b* anlegt. Drückt ihr hinterer Abschnitt ferner fort, so muß die Masse auf den durch ihren Schleim geglätteten Oberflächen unter dem weichen Gaumen *d* weiter nach hinten vordringen und in den Schlundkopfraum *g* gelangen. Der rechte Weg führt dann nach dem Anfang der Speiseröhre *l*. Er begegnet hier aber mehreren Nebenöffnungen, in die er sich nicht unzweckmäßiger Weise verirren darf. Die Rachenmündungen der Eustachi'schen Trompeten, die — Rachenenge.

hinteren Oeffnungen der beiden Nasenhöhlen oder die Choanen *f* und die Stimmritze oder die Glottis *i* müssen in dieser Beziehung berücksichtigt werden.

Fig. 78.



Mündungen der Eustachi'schen Trompeten. §. 373. Die Mündungen der Eustachi'schen Trompete liegen so hoch, sie sind so klein und so schief geschlitzt und ihre Ränder nähern sich in dem Grade, daß keine erhebliche Störung von ihnen auszugehen pflegt. Es können sich höchstens flüssige Massen oder halbfeste Bruchstücke in die Anfangsstücke dieser Nebengänge bei dem Erbrechen und selbst hier nur unter außerordentlichen Verhältnissen einkeilen.

Kehldeckel. §. 374. Steht der Kehldeckel, *h*, Fig. 78, wie es die Abbildung aus der Leiche zeigt, aufrecht, so liegt allerdings die Stimmritze *i* frei zu Tage. Die Zungenbewegung, die den Bissen nach der Schlundkopfhöhle hinüber schiebt, bewirkt aber schon unmittelbar, daß sich der Kehldeckel *h* umlegt und eine Art von schützender Leitungsbrücke, auf der die Speisen und Getränke dahingleiten, darstellt. Da sich aber die Stimmritze gleichzeitig verengt, der Kehlkopf in passender Weise hebt und wendet und die benachbarten Schleimhautfalten zweckmäßig zusammenlegen,

so erklärt es sich, weshalb noch Menschen, die ihren Kehldeckel verloren haben, ohne Hinderniß schlucken können. Es ereignet sich nichtsdestoweniger im Gesunden oft genug, daß die Verhältnisse der Stimmritze Verlegenheiten herbeiführen. Sprechen oder lachen wir während des Essens oder Trinkens, so verschlucken wir uns leicht. Ein Theil der flüssigen oder halbfesten herabgeführten Massen dringt durch die Stimmritze *i* in die untere Kehlkopfshöhle *k*. Der Empfindungsreiz der Schleimhaut zieht die stürmischen Ausathmungsbewegungen des Hustens unmittelbar nach sich.

§. 375. Der weiche Gaumen ändert sich verhältnißmäßig am Meisten im Augenblicke des Niederschluckens. Er sorgt dafür, daß Nichts in die Choanen gelangt. Der Hauptzweck seines verwickelten Spieles liegt eigentlich in der Absicht, den Bissen in den oberen Schlundraum, über *g*, Fig. 78, nicht eindringen zu lassen. Einstellung des weichen Gaumens.

§. 376. Die hier in Betracht kommenden Theile zeigen sich in den Fig. 79 dargestellten Verhältnissen im ruhenden Zustande. Die mehr oder minder flach gehaltene Zunge läßt die einzelnen Gebilde des Racheneinganges ziemlich vollständig vor dem Spiegel erkennen. Man sieht dann die beiden vorderen oder die Zungen-Gaumenbogen *b b'* und die beiden hinteren oder die Schlundgaumenbogen *c c'*. Die freien Ränder von diesen ragen etwas weiter nach innen, als die von jenen hervor. Der weiche Gaumenvorhang *d* trägt in seiner Mitte das herabhängende Zäpfchen *e*. Die Mandeln *ff'* liegen im Grunde des zwischen dem Gaumenbogen *b b'* und *c c'* befindlichen Zwischenraumes verborgen.

Fig. 79.



§. 377. Macht man nur leere Schluckbewegungen und drückt die sich dabei emporwulstende Zunge, um die Aussicht offen zu erhalten, mit dem Finger nieder, so gestalten sich die Verhältnisse, wie es Fig. 80 (s. f. S.) andeutet. Die vorderen Gaumenbogen *b b'* ziehen sich weiter nach außen zurück, während sich die hinteren *c c'* coulissenartig nach innen vorschieben. Die Oeffnung, die zwischen den hinteren Gaumenbogen früher übrig blieb, verschmälert sich zu dem Raume *g*. Dieser schwindet sogar gänzlich, wenn die Innenränder von *c* und *c'* zusammenstoßen. Das Zäpfchen *e* kann die oben übrig bleibende Lücke ausfüllen helfen. Da aber die vorderen Gaumenbogen *b b'* nach außen zurückweichen, so erweitern sie den zwischen ihnen übrig bleibenden Oeffnungsraum und

entblößen überdies einen großen Theil der Oberflächen der Mandeln *ff'*. Es kann daher der Bissen besser durchgehen, und den an den Mandeln haftenden Schleim losstreifen, damit er später desto leichter dahingleite (§. 79 fgg.).

Fig. 80.



§. 378. Es kann vorkommen, daß eine Verletzung oder die krankhafte Zerstörung der Nachbargebilde die bei dem Schlingen thätigen Organtheile bloßlegt. Fälle der Art sind von Bidder, Kobelt und Noeggerath näher untersucht worden. Sie ergänzen die Vorstellungen, zu denen die Zergliederung der Leiche und die physiologische Prüfung des unversehrten Menschen geführt haben.

Man sieht dann, daß sich der Gaumenvorhang, der schon in ruhendem Zustande schief steht (*d*, Fig. 78. S. 132.), stärker nach hinten neigt und die entgegenkommende Hinterwand des Schlundes *g* zu berühren sucht. Die Spitze des Zäpfchens erreicht diese unmittelbar. Da aber die hinteren Gaumenbogen *cc'*, Fig. 80, nach innen so weit vorrücken, daß der Raum *g* gänzlich schwindet, so bilden sie und der weiche Gaumen eine schief nach unten und hinten geneigte Scheidewand, die den unteren Schlundkopfraum *f* von dem oberen *g*, Fig. 78, abschließt. Die Speisen und die Getränke müssen daher die richtige Bahn *gl* verfolgen können.

Muskeln des Schlundkopfes. §. 379. Die Schlundkopfschnürer (Constrictores pharyngis), *ghi*, Fig. 81, vorzüglich der mittlere, *h*, und der untere, *i*, schieben den Bissen nach unten in die Speiseröhre *ml*. Die Muskeln von dieser treiben ihn rasch nach dem Magen hinab. Da aber der Oesophagus der Wirbelsäule dicht anliegt, so erzeugt der Druck sehr harter und umfangreicher Bissenmassen ein Schmerzensgefühl, das an den Wirbelkörpern dahingeht.

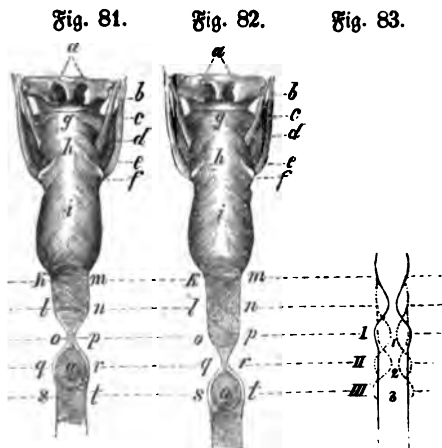
Peristaltische und antiperistaltische Bewegungen. §. 380. Die Bewegung der einzelnen Theile des Nahrungscanales kann peristaltisch oder antiperistaltisch fortschreiten. Sie geht in dem erstern Falle von dem Munde nach dem After und in dem zweiten in umgekehrter Bahn dahin. Da sich hierbei jedes Stück abwechselnd verengt und erweitert und diese Veränderung von Ort zu Ort der Zeit nach fortschreitet, so entstehen auf diese Weise Wellen, die mehr oder minder rasch fortgleiten. Die Aehnlichkeit mit den Zusammenziehungen eines

Wurmes führt dann zu dem Ausdrucke, daß der entsprechende Theil des Nahrungscanales eine Wurmbewegung darbietet.

Wellenbewegungen der Speiseröhre.

§. 381. Wir wollen uns vorstellen, *a*, Fig. 81, seien die Choanen und *ghi* der Schlund mit seinen Schlundkopfschnürern, *km* dessen Uebergang in die Speiseröhre, und *u* ein Bissen, der schon eine kurze Strecke vorgeschoben worden. Der oberste Theil des Oesophagus *klnm* ist dann schon so weit erschlafft, daß er seine frühere Ruhegestalt angenommen hat, *loq* und *npr* dagegen so zusammengezogen, daß sich *o* und *p* beinahe oder wahrhaft berühren. Es kann daher der Bissen *u*, so lange dieses dauert, nach *ln* hin antiperistaltisch nicht zurückweichen. Ziehen sich *oq* und *pr* stärker zusammen, suchen sich deshalb *q* und *r* wechselseitig anzunähern, so muß *u*, wenn die nöthige Druckkraft vorhanden ist, nach *st* peristaltisch fortrücken.

Fig. 81. Fig. 82. Fig. 83.



Nehmen wir an, diese Ortsveränderung sei in dem ersten Zeittheilchen vollführt worden, so kann sich *qr* ungehindert verengern, so daß *q* und *r*, wie es Fig. 82 zeigt, wechselseitig zusammenstoßen. Sie werden daher dieselbe Rolle, die *o* und *p* im ersten Augenblicke hatten, in dem zweiten übernehmen. *o* und *p* dagegen, die nichts mehr verschließen sollen, erschlaffen indeß so, daß sie sich wie *l* und *n* verhalten. *qs* und *rt* ziehen sich dagegen jetzt, wie früherhin *oq* und *pr* stärker zusammen, so daß sie den Bissen *u* peristaltisch fortschieben und sich dann wiederum berühren können. Da das gleiche Wechselspiel von Stelle zu Stelle längs der ganzen Speiseröhre fortgeht, so gleitet endlich der Bissen in den Magen hinein.

§. 382. Wir können uns die Verhältnisse unter dem Fig. 83 dargestellten Schema bildlich versinnlichen. Denken wir uns, der Punkt der größten Verkürzung falle in dem ersten Zeitabschnitte in 1, während das Maximum der Erschlaffung II entsprechen würde, so muß dann die Zusammenziehung von 1 nach II, von dem tiefsten Punkte des Wellenthales nach dem höchsten des Wellenberges abnehmen. Nun wechseln die entsprechenden Verhältnisse von Punkt zu Punkt. Das Maximum der Verkürzung fällt dann etwas unter 1 und das der Erschlaffung etwas unter II. Es giebt später eine Zeit, in der jenes in 2, d. h. II entsprechend, und dieses in III liegt. Man sieht leicht, daß 1 bis 2 einer halben und I bis III einer ganzen Wellenlänge entspricht. Die Fort-

pflanzungsgeschwindigkeit des Wechsels der einzelnen Verkürzungen und Erschlaffungen wird die Schnelligkeit, mit der die Wellen und die Bissen in den Magen hinabgleiten, bestimmen. Sie ist zwar so groß, daß die Wellen im Augenblicke fortzueilen scheinen, doch langsam genug, daß sie das Auge von Ort zu Ort zu verfolgen vermag. Wir dürfen daher aus Thatsachen, die wir in der Lehre vom Sehen kennen lernen werden, schließen, daß jede halbe Welle mindestens etwas mehr als $1/3$ Secunde in Anspruch nimmt.

Abhängigkeit der Wellenbildung der Speiseröhre von dem Nervensysteme.

§. 383. Die Bewegung der Speiseröhre hängt vor Allem von dem freien Stamme des herumschweifenden Nerven, den Wurzeln von diesem und denen des Beinerven und dem verlängerten Marke nebst dem angrenzenden obersten Theile des Rückenmarkes ab. Ein Vagus einer Seite reicht hin, das Wellenspiel fortlaufen zu lassen. Ist hingegen eine längere Strecke der Speiseröhre gelähmt, so bildet das obere Ende derselben den Grenzpunkt, an dem die Wellen stille stehen.

§. 384. Die Speisen und vorzüglich die sich leichter anpassenden Getränke könnten schon ihrer Schwere nach in dem sitzenden oder dem stehenden Menschen in den Magen hinabgehen, sobald nicht die zusammengehaltenen Wände der Speiseröhre einen zu großen Widerstand entgegensetzen. Wir haben aber schon früher gesehen, daß dieses nicht geschieht. Die allmählige Abnahme der Verkürzungsgröße von dem Orte des gänzlichen Verschlusses bis zu dem Punkte der verhältnißmäßig bedeutendsten Erschlaffung liefert nicht bloß die Druckkraft, die den Bissen fortstößt, sondern auch die, welche ihn festhält und gleichsam zu umklammern sucht. Sind hingegen die Nerven der Speiseröhre aus irgend einer Ursache gelähmt worden, so können allerdings die Getränke, durch die Schwere getrieben, heruntergleiten. Ist der Magen mit Gasen gleichzeitig gefüllt oder grenzen diese überhaupt an die von dem Getränke erschütterten flüssigen oder halbflüssigen Massen, so hört man dann einen Ton, wie wenn ein Stein in einen tiefen Brunnen geworfen würde. Dieses klingende Schlucken (Deglutitio sonora) findet sich häufig einen oder wenige Tage vor dem Tode des Menschen ein.

Aufenthalt der Speisen im Magen.

§. 385. Während die Nahrungsmittel den Schlund und die Speiseröhre möglichst rasch zu durchlaufen suchen, halten sie sich im Magen länger auf, damit der Magensaft vollständig wirken kann. Wir begegnen daher hier einem Wechselspiele der einzelnen, dem Magen angehörenden Muskelfasern, dessen Endergebnisse theilweise verfolgt, dessen Einzelnheiten dagegen nicht genügend angegeben werden können. Obgleich sich auf dem Wege des Versuches beweisen läßt, daß der herumschweifende und der sympathische Nerv, das verlängerte Mark und der obere Theil des Rückenmarkes, sowie manche vor jenem liegende Hirngebilde Magenbewegungen hervorrufen, so kann man doch die berechnete Abwechselung von Verkürzung und Erschlaffung, wie sie im Leben

durchgreift, auf dem Wege der künstlichen Nervenreizung nicht zu Stande bringen.

Fig. 84.



Umwälzung der Speisen im Magen.

§. 386. Der unterste Theil der Speiseröhre *a*, Fig. 84, preßt die festen Nahrungsmittel mit solcher Gewalt in den Cardiatheil *b* des Magens hinein, daß sich bisweilen die Schleimhaut sichtlich aufwulstet. Ist dieses geschehen, so schließt sich die Cardiamündung. Giebt das Ende des Pförtners *f*, Fig. 84, ebenso wenig nach, während sich die übrigen einfachen Muskelfasern des Magens kräftig zusammenziehen, so müssen die Nahrungsmittel in dem Innenraum des Magens fortgestoßen und selbst in krummen Bogen um eine der Magenachsen herumgedreht werden. Da aber der äußere Luftdruck alle Unterleibseingeweide so eng als möglich zusammenpreßt (§. 94.), so werden sich die Speisen und die Innenfläche des Magens möglichst vollkommen berühren, sobald nicht tropfbare oder elastische Flüssigkeiten einen Theil dieser Wechselbeziehung auf dem Wege der Raumausgleichung verhindern können.

§. 387. Getränke, die sich im Magen nicht aufzuhalten brauchen und hier nicht vollständig aufgesogen werden, könnten auf dem kürzesten Wege nach dem Zwölffingerdarm durchgehen. Sie würden von der Cardia *b* und dem Blindsack *c* längs des Mitteltheiles *d e* nach dem Pförtner übergeführt und durch die unter *h* befindliche Pförtnermündung nach dem oberen wagerechten Theile des Zwölffingerdarmes *g* fortgeleitet. Halbflüssige oder feste Massen dagegen, die im Magen länger verweilen müssen, führen zu verwickelteren Verhältnissen. Wir werden sehen, daß die einzelnen Abschnitte aller röhrigen Gebilde, die mit einfachen Muskelfasern versehen sind, gewisse wechselnde Pausen der Ruhe und der Bewegung, berechnete Arten der Zusammenziehung und Erschlaffung ihrer verschiedenen Bestandtheile darbieten können. Der Magen arbeitet wahrscheinlich in dieser Weise unter jenen Verhältnissen.

§. 388. Wenn eine Mischung fester und flüssiger Speisen verschluckt wird, so scheinen diese eher, als jene von dem Blindsacktheile *c* nach dem Pförtnerabschnitte *f*, und zwar meist längs der unteren oder größeren Magenkrümmung *d* dahin zu gehen. Die festen Massen, die keinen sehr großen Umfang besitzen, rücken auf der gleichen Bahn später nach. Füllen sie dagegen den Magen stärker aus oder verfällt dieser aus irgend einer Ursache in eine andere Thätigkeitsart, so können sie auch mehr oder minder kreisförmig herumgewälzt werden. Sie werden dann einerseits von der Cardia *c* um die große Krümmung *d*, den Pförtner *f* und die kleine Krümmung *e* herumgehen und sich auch andererseits um die Querachse oder eine schiefe Achse in der Bogenrichtung *d e* herumwenden. Diese

verwickeltere Bewegung hat zum Zweck, die Bissenmasse mit dem an der Oberfläche der Magenschleimhaut befindlichen Magensafte möglichst genau zu bestreichen und zusammenzudrücken. Hat er eine oberflächliche Nahrungsschicht in eine halbflüssige Mischung, in Speisebrei oder Chymus vermöge seiner Auflösungskräfte umgewandelt, so wird eine nach dem Pförtner *f* gerichtete Gesammtbewegung jene mit Leichtigkeit abstreifen und wenn sich die Pförtnerklappe (bei *h*) öffnet, nach dem Zwölffingerdarm *g* übertreiben. Die Entfernung der ersten Chymusschicht entblößt dann eine neue Lage des Bissens, an der sich der frühere Hergang wiederholen kann. Es kommt endlich ein Zeitpunkt, in dem der größte Theil des Nahrungsballens so sehr verkleinert ist, daß der Uebertritt des Ganzen in den Dünndarm keine wesentliche Schwierigkeiten mehr darbietet.

Arten der Magenbewegung.

§. 389. Man bemerkt im Magen frisch getödteter Thiere sehr häufig, daß sich tiefe Furchen, die meist von der großen nach der kleinen Krümmung von *d* nach *e* streichen, in Folge der Zusammenziehung erzeugen. Sie können scheinbar unverändert bleiben, wenn auch Wurmbewegungen neben ihnen auftreten oder selbst über sie dahin gleiten.

Auflösung des Magens.

§. 390. Es ereignet sich nicht selten, daß ein Hund, dessen Magen bloßgelegt worden, beträchtliche Luftmassen nach und nach hinabschluckt. Diese blähen dann den Magen sichtlich auf. Die Umfangszunahme rührt aber von keiner activen Ausdehnung der Magenwände, die von den Muskelfasern derselben ausginge, her.

Aufstoßen und Erbrechen.

§. 391. Die regelrechte Verdauung fordert es, daß die Inhaltsmassen des Magens früher oder später nach dem Zwölffingerdarm oder peristaltisch weiter gehen. Es kann aber auch vorkommen, daß sie nach der Speiseröhre oder antiperistaltisch zurückkehren. Diese unpassende Bewegung von Gasen oder von geringen Mengen halbflüssiger Körper liegt dem Aufstoßen und die größerer Getränke- oder Speisemassen dem wahren Erbrechen zum Grunde.

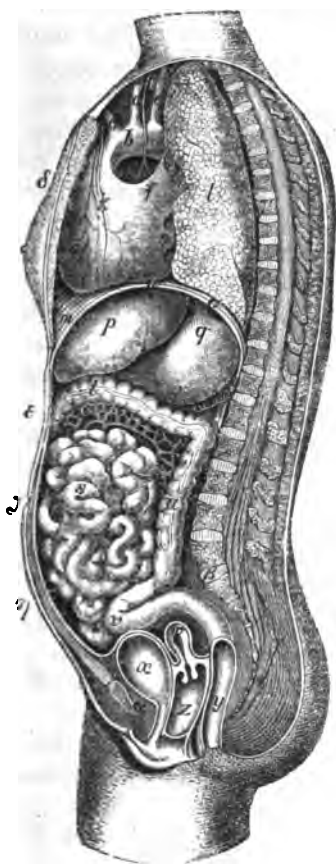
Ursachen des Erbrechens.

§. 392. Der überfüllte Magen kann sich auf diese Weise eines Theiles des Ueberschusses entledigen. Ein zu heftiger Druck der Bauchdecken, wie er z. B. bei starkem Husten durchgreift, führt schon oft zu diesem Ergebnisse. Die gewöhnliche Ursache des Erbrechens liegt aber in den Nervenverhältnissen, welche die hierbei in Betracht kommenden Gebilde beherrschen. Einwirkungen, die von gewissen Hirntheilen ausgehen, der Schwindel, das Kitzeln einzelner Theile der Zungenwurzel, des weichen Gaumens oder des Schlundkopfes, Reize, welche die Magennerven oder die Magenschleimhaut unmittelbar oder mittelbar treffen, gewisse Stoffe, wie die Ipecacuanhe oder der Brechweinstein, die in das Blut aufgenommen, ähnlich wirken, bilden daher die häufigsten Erreger der Brechbewegungen. Die Uebelkeit besteht in den unangenehmen, dem Erbrechen vorangehenden Empfindungen. Sie bildet gewissermaaßen den Ausdruck der Zerrung, der Spannung und des Kampfes, der sich in den Molecularverhältnissen des Nervensystems kund giebt, ehe die Explosion selbst durchbricht. Sie schwindet daher

größtentheils, nachdem die Entladung die frühere Gleichgewichtsruhe zurückgeführt hat.

§. 393. Die Bauchpresse, welche die Harn-, die Stuhlentleerung und die Geburtsthätigkeit wesentlich unterstützen kann, übernimmt eine Hauptrolle für das gewöhnliche Erbrechen des unversehrten Menschen. Fig. 85 kann uns die Mechanik derselben klar machen. Bauchpresse.

Fig. 85.



Die Zeichnung sucht die Verhältnisse, wie sie sich in der Leiche darstellen, wiederzugeben. Das Zwerchfell *m n o* zeigt dann eine nach der Brusthöhle oder nach oben zu gerichtete Wölbung. Die erschlafften Bauchdecken $\varepsilon\,\zeta\,\eta$ wenden sich ebenfalls mehr oder minder nach außen hin.

Diese beiden Arten von Muskelgebilden spielen in entgegengesetzter Weise in den gewöhnlichen Athembewegungen. Das Zwerchfell zieht sich bei dem Einathmen und die Bauchmuskeln bei dem Ausathmen zusammen. Die Verkürzung des Zwerchfelles führt zu einer Abplattung desselben. Es sucht von *m n o* in die gerade Bahn *m o* überzugehen. Die Brusthöhle gewinnt daher den Raum *m n o*, während ihn die Bauchhöhle einbüßt. Wenn aber die gleichzeitig erschlafften Bauchdecken $\varepsilon\,\zeta\,\eta$ nachgeben, so werden die Unterleibseingeweide vorgeschoben und die Bauchwände in entsprechendem Grade nach außen gedrängt. Folgt dann die Ausathmungsbewegung, so erschlafft das Zwerchfell, während sich die Bauchdecken zusammenziehen. Gehen diese aus $\varepsilon\,\zeta\,\eta$ in $\varepsilon\,\eta$ über, so wiederholt sich die Verrückung in entgegengesetzter Richtung. Die Bauchhöhle gewinnt hierdurch ihren früheren Raum wieder, indem das Zwerchfell als *m n o* nach der Brusthöhle weiter hinaufrückt. Das gewöhnliche hier betrachtete Athemen bedingt zwar allerdings eine Ortsverrückung der Eingeweide. Sie liefert aber keine Druckkraft, die einen Theil des Inhaltes derselben zum Austritt nöthigte.

Die Bauchpresse besteht in der gleichzeitigen Zusammenziehung des

sich sonst bei dem Einathmen verkürzenden Zwerchfells und der bei dem Ausathmen thätigen Bauchmuskeln. Der Raum der Bauchhöhle soll um *mon* und $\varepsilon \zeta \eta$ zugleich abnehmen, d. h. Zwerchfell und Bauchmuskeln erzeugen einen Druck, der nur insofern ungehindert wirkt, als irgend eine Inhaltsmasse Platz macht. Es hängt von den Nebenverhältnissen ab, welche Ausgangsöffnung gelüftet wird, damit dieses Ziel erreicht werde. Giebt die Blase x, Fig. 85, nach, so fließt Harn ab. Ist es die Gebärmutter w, welche die Ausgleichung herbeiführt, so wird ihr Inhalt, das Kind oder das Ei, hervorgedrängt. Der Koth geht unter dergleichen Beziehungen aus dem Mastdarm y heraus. Denken wir uns endlich, daß der Pförtner geschlossen und die Cardia q geöffnet ist, so muß eine gewisse Menge des Mageninhaltes nach der Speiseröhre hinaufgeworfen werden.

Wirkung der Bauchpresse bei dem Erbrechen.

§. 394. Man sieht leicht, daß die Bauchpresse das Erbrechen in der zuletzt erwähnten Weise wesentlich unterstützen kann. Man könnte sich noch vorstellen, daß der Pförtner nicht vollständig geschlossen sei und dessenungeachtet die Hauptmasse oder das Ganze des Mageninhaltes nach der Speiseröhre gedrängt würde, weil diese der Grundbedingung, der Raumverkleinerung der Bauchhöhle allein genügen kann.

§. 395. Der Wurf nach oben, den die Bauchpresse herbeiführt, wird um so stärker ausfallen, je kräftiger sich das Zwerchfell und die Bauchmuskeln gleichzeitig zusammenziehen und je weniger Widerstand die bis zur Mundhöhle reichenden Durchgangscanäle zu leisten vermögen. Man kann daher auch an den bloßgelegten Theilen der Thiere bemerken, daß die kräftige und plötzlich durchgreifende Bauchpresse die hervorgedrängten Massen mit einem Rucke bis zur Mundhöhle hinaufschleudert, ohne daß sich antiperistaltische Wellen der Speiseröhre hinzugesellen. Diese können hingegen das verhältnißmäßig langsamere Erbrechen nach Budge unterstützen. Der weiche Gaumen und die Gaumenbögen suchen zwar wiederum den obersten Schlundraum und mithin auch die Choanen und die Eustachi'schen Trompeten abzuschließen (§. 377.), die große Geschwindigkeit der emporgeworfenen Massen läßt aber diese nicht selten früher anlangen, als sich jene Theile vollständig eingestellt haben. Gewisse Mengen des Erbrochenen dringen dann häufig in die Nasenhöhle und von da zu den Nasenlöchern heraus. Das Niesen folgt auf dem Fuße nach.

§. 396. Hatte Magendie den Magen durch eine mit Flüssigkeit gefüllte Schweinsblase ersetzt und die Bauchdecken von Neuem zugenäht, so reichte die Bauchpresse allein hin, den Blaseninhalt zur Mundhöhle hinaufzutreiben. Dieser Versuch beweist noch nicht, daß der Magen in allen Fällen bei dem Erbrechen unthätig sei. Da Thiere, deren Magen aus der Bauchhöhle herausgezogen worden, Flüssigkeiten erbrechen können, so ergiebt sich von selbst, daß man die Bauchpresse als den einzigen Hebel des Brechwurfes nicht anzusehen genöthigt ist. Man hat bisweilen bemerkt, daß eine sichtbare Magenbewegung, die von dem Pförtner f, Fig. 84 S. 137, nach dem Blindsacke c dahinging, vor dem Erbrechen und während dessel-

ben zum Vorschein kam. Sie kann den antiperistaltischen Austritt des Erbrochenen unterstützen. Man vermag sich aber auch vorzustellen, daß sie den Pförtnertheil zu verschließen sucht, damit Alles desto vollständiger nach der Speiseröhre hin ausweiche.

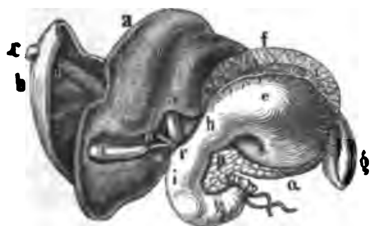


Fig. 86.

Vermischung des Speisebreies mit Galle und Bauchspeichel.

§. 397. Hat der Speisebrei die Pförtneröffnung durchsetzt, so gelangt er in den oberen wagrechten Abschnitt des Zwölffingerdarmes, den *h*, Fig. 86, etwas verzogen darstellt, weil der Magen *e* nach oben umgeschlagen worden. Sie treten dann in den absteigenden Theil *i* und mischen sich hier mit der Galle und dem Bauchspeichel. Die Galle kann entweder durch den Gallengang (Ductus hepaticus) *n* oder aus der Gallenblase *l* durch den Gallenblasengang (Ductus cysticus) *m* abfließen. Beide vereinigen sich dann zu dem ebenfalls in Fig. 87 sichtbaren Gallenausführungsgange (Ductus choledochus) *r*, der sich neben dem Ausführungsgange der Bauchspeicheldrüse *p q* in den absteigenden Theil des Zwölffingerdarmes einsenkt. Diese Abzugscanäle der Leber und des Pancreas verlaufen erst eine Strecke weit zwischen den Muskelfasern des Duodenum, ehe sie auf einer Erhabenheit der Schleimhaut in den Hohlraum des Nahrungsschlauches ausmünden. Sie können daher in demselben Augenblicke, in dem sich die ihnen benachbarten Muskelfasern zusammenziehen, abgeschlossen werden. Sie sichern sich hierdurch vor jedem störenden Rücktritte von flüssigen Massen des Speisebreies. Ihre eigenen Absonderungen strömen aber nur in passenden Augenblicken in den Zwölffingerdarm.

Wurmbewegung der dünnen Gedärme.

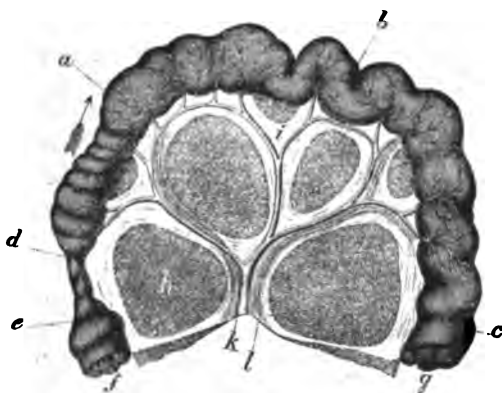
§. 398. Die dünnen Gedärme *s*, Fig. 85 S. 139, treiben nach und nach ihren Inhalt peristaltisch weiter. Diese Bewegung ist aber langsamer und discontinuirlicher, als manche an todten Thieren angestellte Versuche erwarten ließen.

Oeffnet man die Unterleibshöhle eines erstickten Kaninchens, so stößt man in der Regel auf die lebhafteste wühlende Bewegung vieler Abschnitte der dünnen Gedärme. Man würde sehr irren, wenn man hieraus schließen wollte, daß ein ähnlicher Sturm der Peristaltik im lebenden Menschen wiederkehrt. Untersucht man die Därme eines lebenden Kaninchens, so findet man schon, daß sie sich bei Weitem ruhiger verhalten. Der Dünndarm von Mäusen, die in Aetherdunst getödtet worden, läßt oft keine Spur von Peristaltik, selbst unter dem Einflusse des Magnetelektromotors zu Stande kommen. Es kommt in manchen chirurgischen oder geburtshilflichen Operationen, wie dem Bruch- oder dem Kaiserschnitte vor, daß einzelne Schlingen des Dünndarmes bloßgelegt werden. Sie verhalten sich vollkommen ruhig oder verkürzen sich wenigstens nicht so lebhaft, als man es bisweilen in Hingerichteten sehen kann. Men-

schen, die eine Bauchfistel des Dünndarmes, d. h. eine von diesem durch die Bauchdecken nach außen führende Oeffnung nach einer Bruchoperation übrig behalten haben, entleeren die Nahrungsreste erst nach größeren Zeiträumen. Diese Thatsache bekräftigt daher von Neuem, daß die unverdauten Speisen den Dünndarm langsamer zu durchlaufen pflegen.

§. 399. Man kann schon in dem getödteten Kaninchen wahrnehmen, daß die peristaltischen Bewegungen gewisse Pausen der Ruhe und des Wiederbeginns der Thätigkeit darbieten. Ist *d a b c* ein Abschnitt der dünnen Gedärme, so geht z. B. die Wurmbewegung von *d* nach *c* allmählig fort, indem die Zusammenziehung und die Erschlaffung in ähnlichen, nur langsameren und weit kürzeren Wellen, wie in der Speiseröhre (§. 380 fgg.) weiter schreitet. Die Bewegung hört dann häufig in *c* auf. Sie beginnt aber nicht selten in *d* von Neuem, um den gleichen Abstand *d c*, einen kürzeren *d b* oder einen längeren zu durchsetzen. Jeder Wellenzug kann die Inhaltsmassen vollständig, unvollkommen oder fast gar nicht weiter treiben, je nachdem die Stärke des Maximum der Zusammenziehung die gegenseitige Berührung oder nur die Annäherung der in dem gleichen Kreisdurchschnitte des Darmrohres liegenden Punkte möglich macht. Rechnet man nun noch hinzu, daß die Wurmbewegung selbst nicht immer peristaltisch, sondern auch bisweilen antiperistaltisch weiter geht, so ergiebt sich, daß der Inhalt der dünnen Gedärme des getödteten Kaninchens langsamer, als es auf den ersten Blick scheint, fortbefördert wird. Wir haben aber schon früher gesehen, daß die Geschwindigkeit in dem lebenden Geschöpfe noch geringer ist. Es muß dahingestellt bleiben, ob sie in dem Leerdarm größer, als im Krummdarm ausfällt.

Fig. 87.



Grimmdarmklappe.

§. 400. Der Anfang der dünnen Gedärme hat seine Pförtnerklappe (bei *h*, Fig. 84. S. 137), die den antiperistaltischen Rücktritt des Speisebreies in den Magen zu verhüten sucht. Das Ende des Krummdarmes *a*, Fig. 88, besitzt die Grimmdarm- oder Bauhini'sche Klappe, die ähnliche Dienste verrichten soll. Sie macht es unter den gewöhnlichen Verhältnissen unmöglich, daß die Inhaltsmassen des Blinddarmes *b* und des aufsteigenden Grimmdarmes *c* und *f* nach dem Dünndarm *a* antiperistaltisch vordringen, läßt hingegen alle Körper, die sich in diesem *a* be-

finden, durch ihre Spalte *k* nach *b* und *c* in peristaltischer Richtung mit Leichtigkeit übertreten.

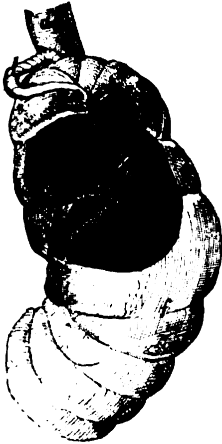


Fig. 88.

§. 401. Die Pförtnerklappe bildet eine der Schleimhaut angehörende Doppelfalte, die sich nach der Trennung der entsprechenden Muskelbänder größtentheils ausgleicht. Die Bauhini'sche Klappe *hc* dagegen entsteht durch die eigenthümliche Einsenkungsweise des Krummdarmes *a* in den gemeinschaftlichen Anfangstheil des Blinddarmes *b* und des aufsteigenden Grimmdarmes *f*. Treibt man Flüssigkeit in der Richtung von *f* nach *a* in der Leiche ein, so schließt *hc* nicht selten so vollständig, daß die entsprechenden Dickdarmtheile eher platzen, als daß die Masse in den Krummdarm übertritt. Etwas Aehnliches wiederholt sich in der Regel in dem lebenden Körper. Es kommt nur in den dringendsten Fällen vor, daß Excremente in die dünnen Gedärme und von da weiter nach oben übergetrieben werden. Man findet daher das wahre Kothbrechen (und nicht das scheinbare, mittelst dessen der Dünndarminhalt zum Munde entleert wird) in den hartnäckigsten Fällen von eingeklemmten Dickdarmbrüchen, in denen der Ausgang durch den After unveränderlich geschlossen bleibt. Kothbrechen.

§. 402. Sind die Speisereste des Krummdarmes *a*, Fig. 88, durch die Spalte *k* der Grimmdarmklappe *hc* vorgedrungen, so könnten sie möglicherweise zweierlei Wege, den nach dem Blinddarm *b* und den nach dem aufsteigenden Grimmdarm *f* zu verfolgen suchen. Die hier angebrachten Muskelfasern spielen aber wahrscheinlich wiederum in berechneter Weise. Man findet nicht selten einen großen Theil der Nahrungsmittel in dem Blinddarme *b*. Dieser ist sogar in der Regel in den wohlgenährten Pflanzenfressern mehr oder minder strotzend angefüllt. Der Wurmfortsatz *d*, Fig. 88, nimmt Verdauungsmassen ebenfalls auf. Seine geringe Breite kann wesentliche Lebensgefahren herbeiführen. Hat z. B. ein Mensch Kirschkerne verschluckt, so ereignet es sich hin und wieder, daß sich diese in dem Wurmfortsatze festklemmen und hier Entzündung und Eiterung anregen. Ist hierdurch ein umfangreicheres Loch gebildet worden, so dringen dann die Kothmassen in die Bauchhöhle vor, und führen zu einer oft tödtlichen Bauchfellentzündung. Uebergang der Speisereste in den Blinddarm.

§. 403. Die Reste der Nahrungsmittel, die eine gewisse Zeit in dem Blinddarm zugebracht haben, dringen später in den Anfangstheil des Grimmdarmes vor. Wir haben also einen berechneten Wechsel entgegengesetzt wirkender Bewegungsrichtungen.

§. 404. Der Blinddarm *b*, der aufsteigende *f*, Fig. 88, der quere (*t*, Fig. 85. S. 139) und der absteigende Grimmdarm (*n*, Fig. 85) besitzen starke Bewegungen der dicken Gedärme.

bauchigte Erweiterungen oder Haustra *e*, Fig. 88, welche gewissermaaßen eine Art von Nebenbeuteln darstellen, die Berührungsoberfläche vergrößern und die Bewegung derjenigen Massen, die in ihnen liegen, verzögern. Die sichelförmigen Falten *g*, Fig. 88, die an den queren Einschnürungsstellen in dem Innern verlaufen, haben zunächst denselben Nutzen, den auch die Querfalten der dünnen Gedärme darbieten. Sie verzögern die Fortbewegung der in den Hohlräumen dahingleitenden Substanzen, von denen sich einzelne Bruchstücke zwischen ihnen fangen können. Gehen quere Ringsfasern in ihrer Richtung dahin, so können hierdurch die entsprechenden Theile des Dickdarmes abgeschlossen werden. Es beruht wahrscheinlich auf dieser von der Sichelfalte *g* ausgehenden Mechanik, wenn die von dem Krummdarme herabkommenden Speisereste *a* zuerst in den Blinddarm *b* und nicht in den aufsteigenden Grimmdarm *f* übertreten (§. 402.). Die sogenannten bei *f*, Fig. 88, angedeuteten Längsbänder, die aus der Ansammlung von Längsmuskelfasern hervorgehen, können den Dickdarm in der Richtung von dem Krummdarm nach dem Mastdarm verkürzen, gewissermaaßen niedriger und unter manchen Verhältnissen breiter machen.

§. 405. Betrachtet man die Dickdarmbewegung eines eben getödteten Kaninchens, so wiederholen sich ähnliche Erscheinungen, wie wir sie schon an den dünnen Gedärmen kennen gelernt haben. Man bemerkt nicht selten vollkommene oder unvollständig herumgehende Wellen, die gewissermaaßen nur oberflächlich an den Inhaltsmassen dahingleiten und diese selbst nicht sichtlich fortschieben. Rechnet man nun noch hinzu, daß sich die Bewegungen im Leben wahrscheinlicher Weise ebenfalls verzögern und erst nach gewissen Zwischenzeiten der Ruhe zurückkehren, daß die festeren Kothmassen beträchtlichere Widerstände liefern und die mechanischen Hindernisse der Darmtheile an und für sich größer ausfallen, so ergiebt sich, daß die Fortbewegung der dicken Gedärme noch langsamer, als die der dünnen von Statten gehen wird. Die Erscheinungen der Stuhlverstopfung bekräftigen diese Vorstellungsweise.

Mastdarmbewegungen.

§. 406. Der gleichförmige cylindrische Mastdarm (*y*, Fig. 85 S. 139.) besitzt eine verhältnißmäßig sehr starke Muskelhaut, die bis zum Afterende aus ähnlichen einfachen Muskelfasern, wie die des Magens, der dünnen und der dicken Gedärme zusammengesetzt ist. Die Bewegungen, die er in Folge von Nervenreizen in dem frisch getödteten Kaninchen darbietet, unterscheiden sich in wesentlicher Weise von denen der übrigen Theile des Nahrungscanales. Er geht mit vieler Kraft stoßweise auf und nieder. Eine lebhafte sich hinzugesellende Peristaltik treibt nicht selten die Kothballen sichtlich fort. Man sieht endlich, wie sich Abschnitte, die sich eben entleert haben, zusammenlegen, damit der Rücktritt nach oben gehindert werde.

Sförmige Biegung.

§. 407. Die an ihrer Gekrösschlinge aufgehängte *S*förmige Biegung *v*, Fig. 85 S. 139, durch die der absteigende Grimmdarm *t* in den Mastdarm *y* übergeht, dient wahrscheinlich häufig als Kothbehälter. Ihre freie Anheftung macht es möglich, daß sie sich nach Maaßgabe

ihrer wechselnden Schwereverhältnisse verschiebt, und ihre Krümmung, daß nicht zu viel auf ein Mal von dem Dickdarm nach dem Mastdarm hinübergetrieben wird.

§. 408. Da der unterste Theil des Mastdarmes außerhalb des Bauchfellraumes liegt (bei *y* Fig. 85.), so wird die Bauchpresse (§. 393.) die Kothmassen um so eher nach dem After schieben, je weniger Hindernisse von den Beckengebilden aus entgegengesetzt werden. Wirken diese in dem gleichen Sinne, so muß die Kothentleerung um so leichter zu Stande kommen. Stuhlentleerung.

§. 409. Die Peristaltik oder die Stoßbewegungen des Mastdarmes führen wahrscheinlich zu dem Gefühle des Bedürfnisses der Entledigung. Es ereignet sich unter krankhaften Verhältnissen, z. B. in heftigen Ruhren, daß der Mensch jeden Augenblick zu Stuhl gehen zu müssen glaubt und nichts desto weniger gar Nichts oder nur geringe Mengen von Koth, Schleim oder Blut trotz aller Anstrengung zu entleeren vermag. Der Reiz der Mastdarmschleimhaut und die hierdurch bedingten Bewegungen dieses Endstückes des Nahrungscanales führen zu jenen täuschenden Empfindungen des Stuhlzwanges, die sich trotz aller anderen Gegenzeugnisse nicht abweisen lassen.

§. 410. Die eigenen Bewegungen des Mastdarmes und die Nebenhilfe der Bauchpresse treiben die Kothmassen zum After heraus. Die hierbei in Betracht kommenden Verkürzungsgebilde arbeiten nicht ununterbrochen fort. Zusammenziehung, Erschlaffung und Ruhe greifen vielmehr planmäßig ein. Die Muskelmassen des Beckenausganges betheiligen sich aber ebenfalls in einer bestimmt berechneten Weise, um die nöthige Nebenhilfe darzubieten.

§. 411. Der rothe, mit quergestreiften Fasern versehene äußere Afterschließer (Spincter ani externus) ist zwar wahrscheinlich, wenn kein Koth durchtritt, in mäßigem Grade zusammengezogen. Da aber dann ein fremder Körper den After ohne erheblichen Widerstand durchdringen kann, so läßt sich vermuthen, daß die Verkürzung jenes Ringmuskels keine beträchtliche Größe zu erreichen pflegt. Sollen umfangreichere Excrementmassen frei durchtreten, so wird der Afterschließer nachgeben. Müssen sie zurückgehalten werden, so kann er desto nachdrücklicher zusammengezogen bleiben.

§. 412. Der aus einfachen Muskelfasern zusammengesetzte innere Afterschließer (Spincter ani internus), der nur aus der stärkeren Ansammlung der Kreisfasern des Mastdarmes hervorgeht, muß natürlich in dem Augenblicke des Durchtrittes der Kothmassen erschlaffen. Zieht er sich späterhin zusammen, so kann er das frei Hervorgekommene von dem noch Uebrigen scheerenartig abschneiden oder nur den Ausgang überhaupt versperren helfen.

§. 413. Der Afterheber (Levator ani) verkürzt und erweitert wahrscheinlich den Mastdarm und verhütet es zum Theil, daß die Mastdarmschleimhaut, wenn sie lockerer angeheftet oder nachgiebiger ist, nach

außen vorfällt. Die Einflüsse, welche die queren Dammmuskeln (Transversi perinei) und der Steißbeinmuskel (Coccygeus) auszuüben pflegen, müssen noch durch künftige Untersuchungen näher festgestellt werden.

Endzweck der chemischen Verdauungsthätigkeiten.

§. 414. Der Hauptzweck der chemischen Verdauungserscheinungen besteht in der möglichst ausgedehnten Auflösung der festen Verbindungen, die wir in den Nahrungsmitteln einführen. Da nur gasförmige oder tropfbare Körper auf dem Wege der Diffusion (§. 129.) in die Lymphe oder das Blut übertreten, so mußten viele Speisen verflüssigt werden, ehe sie ihrer Endbestimmung entgegengehen konnten. Es ergiebt sich hieraus, daß die meisten Getränke keine besondere Verdauungsthätigkeit nöthig haben. Der Nahrungscanal liefert hier nur die passenden Uebergangswerkzeuge. Es kann aber nichts desto weniger vorkommen, daß die chemischen Einflüsse, welche die Darmtheile ausüben, für manche flüssige Nahrungsmittel zu Hilfe gezogen werden müssen.

Verarbeitung der Getränke.

§. 415. Viele Getränke, wie z. B. das Bier oder der Kaffe, bilden Mischungen fester und flüssiger Körper. Kalkreiches Trinkwasser kann sich sogleich trüben, so wie es mit anderen Nahrungsmitteln vermengt wird. Die Milch schlägt, wie wir sehen werden, den größten Theil ihres Käsestoffes im Magen nieder. Sollen diese festen Verbindungen in das Blut übergehen, so müssen sie nachträglich aufgelöst werden. Die Brühen und ähnliche Getränke enthalten viele Oeltropfen, die erst unter dem Einflusse der chemischen Verdauungsthätigkeit in den Milchsaft und das Blut gelangen.

Lösung und Gährung im Darmcanale.

§. 416. Die Natur bedient sich zweierlei Wege, um möglichst große Mengen der festen Nahrungskörper im Laufe des Darmcanales löslich zu machen. Sie liefert eine Reihe von wässrigen, schwach sauern oder alkalischen Mischungen, die überdies noch gewisse Salze und passende organische Verbindungen enthalten und die Temperatur der übrigen Innentheile des Körpers, 37° C. oder etwas mehr darbieten. Es werden daher Stoffe, welche diesem Einflusse nicht widerstehen, ohne Weiteres verflüssigt werden. Da sie aber auf jenem Wege allein zum Ziele nicht gelangen würde, so leitet sie berechnete Umsatzprocesse ein. Diese liefern neue Verbindungen, die sich leichter auflösen. Sie schreiten aber nicht immer bis zu ihren letzten Consequenzen fort. Ihre löslicheren früheren Erzeugnisse werden aus dem Bereiche des Nahrungscanales eher entfernt, weil sich sonst Körper, die dem Organismus weniger dienen könnten, im Laufe der Zeit erzeugen würden.

§. 417. Da die wahren Nahrungsmittel dem Pflanzen- oder dem Thierreiche angehören, so lag es nahe, die Gährung und die Fäulniß zu diesem Zwecke auszubeuten. Die wesentlichsten Verdauungsprocesse fußen auch auf berechneten und zu passenden Zeiten gehemmten Umsatzerscheinungen der Art. Wir stoßen auf verschiedenartige Verhältnisse der Zucker-, der Schleim-, der Milchsäure-, seltener der Weingeist- und der Essiggährung (§. 324 fgg.), auf mannigfache Stufen der Fäulniß stickstoff-

haltiger Körper, für welche die Chemie noch keine genügend scharfe Unterabtheilungen aufgestellt hat.

§. 418. Die Contactwirkungen (§. 299.), denen eine so bedeutende Rolle in jeder Reihe von Selbstzersetzungen der organischen Massen zukommt, machen sich auch in den chemischen Verdauungserscheinungen fast auf jedem Schritte geltend. Viele der Beimengungskörper, wie die Mischung des Mundschleimes und des Speichels, der Magensaft, der Bauchspeichel und die einzelnen, von den mannigfachen Abschnitten des Darmes gelieferten Schleimarten enthalten Fermente, welche die Selbstzersetzung der festen Nahrungsmittel an und für sich oder mit Hilfe bestimmter Nebenstoffe einleiten.

§. 419. Andere Wirkungen unterstützen überdies das Ganze in mannigfacher Weise. Die Speisen werden schon durch das Kauen möglichst verkleinert und mit den Mundflüssigkeiten vermischt. Die peristaltische Bewegung der verschiedenen späteren Abschnitte des Verdauungsrohres verknetet sie mit den zu Gebote stehenden Auflösungssäften. Da aber diese eine schleimigte Beschaffenheit von vorn herein darbieten oder mit Schleimmassen sogleich vermischt werden, so gewinnt die Natur hierdurch einen dreifachen Nutzen. Die festen Körper gleiten leichter dahin, weil der Schleim den Reibungswiderstand herabsetzt (§. 79.). Er enthält ferner Schleimkörperchen (Taf. II. Fig. XXXI. c. d.), d. h. mikroskopische wechselnde Bestandtheile, welche deutlich anzeigen, daß er selbst in Umsatz begriffen und daher zur Erregung von Contactwirkungen besonders geeignet ist. Seine Zähigkeit macht ihn endlich geschickt, die Fette emulsionsartig (§. 460.) und das feine Pulver fester Körper in ähnlicher Weise vertheilt zu erhalten. Da sich aber die Berührungsoberfläche auf diesem Wege vergrößert (§. 31.), so können auch die eindringenden oder die schon in dem Schleim enthaltenen Auflösungssäfte kraftvoller einwirken. Es versteht sich endlich von selbst, daß die Wärme der Innentheile alle diese Vorgänge wesentlich unterstützen wird.

Unmittelbare Lösung der Speisemassen.

§. 420. Die verschiedenen Schleimarten, welche die einzelnen Abschnitte des Nahrungscanales liefern, der Mund- und der Bauchspeichel, der Magensaft und die Galle enthalten sämmtlich verhältnißmäßig beträchtliche Wassermengen. Der Magensaft erscheint überdies schwach sauer und der Speichel in geringem Grade alkalisch. Es können daher Verbindungen, die sehr verdünnten Lösungen von Säuren oder Alkalien nicht widerstehen, ohne alle weitere Vorbereitung aufgenommen werden. Müssen dessenungeachtet Getränke zu Hilfe kommen, so liegt dieses nicht in chemischen, sondern nur in quantitativen Verhältnissen. Die absoluten Mengen der Verdauungssäfte fallen dann zu gering aus, als daß große Massen der löslichen Speiseverbindungen bewältigt würden. Wir werden jedoch in der Lehre von der Einsaugung sehen, daß die Natur auch hier mit einem passenden Mittel im Nothfalle zu helfen weiß. Fehlen die nöthigen Flüssigkeitszusätze, so werden beträchtlichere Mengen

von jenen löslichen Stoffen nicht immer zurückgewiesen, sondern meist nur langsamer übergeführt.

§. 421. Der Zucker, das Kochsalz, der Salpeter, das Glauber- oder das Bittersalz schmelzen auf diese Weise in unserer Mundhöhle. Der saure Magensaft kann die Kohlensäure alkalischer und erdiger Salze austreiben und das Kochsalz oder die phosphorsauren Alkalien, die in den meisten thierischen Säften vorkommen, zur Auflösung der phosphorsauren Kalkerde, wenn auch in geringem Maaße beitragen.

Mischung der Mundflüssigkeiten. §. 422. Die Mundflüssigkeiten (Taf. II. Fig. XXXI.), die wir bisweilen als sogenannten Speichel entleeren und mit denen die Speisen zuerst durchtränkt werden, bestehen aus einer Mischung der verschiedenartigsten Absonderungen. Die Mundschleimhaut läßt wahrscheinlich schon an und für sich gewisse Lösungen an ihrer freien Oberfläche hervortreten. Die mannigfachen in ihr enthaltenen Absonderungswerkzeuge, wie die Lippen-, die Wangen-, die Zahnfleisch-, die Zungen- und die Gaumendrüsen, liefern eine Reihe von Erzeugnissen, die sich in den Mundhöhlenraum ergießen. Dieses Alles zusammen bildet den Mundschleim. Die größeren neben der Mundhöhle angebrachten Speicheldrüsen, wie die Ohrspeicheldrüse oder die Parotis, die Unterkiefer-, die Unterzungendrüse und vielleicht auch die Zungenspitzendrüse bereiten den eigentlichen Speichel, der sich später mit dem Mundschleim vermengt. Es hängt unter diesen Verhältnissen von den Nebenbedingungen ab, welche Bestandtheile in der die Mundflüssigkeit darstellenden Mischung in überwiegendem Grade auftreten.

Vermehrung der Mundflüssigkeiten. §. 423. Die Erinnerung an angenehme Speisen, der Anblick derselben, das Kauen, das Tabackrauchen, der Kitzel des weichen Gaumens, das Sprechen und das Singen vergrößern die Menge der Mundflüssigkeiten. Reize, welche die Magenschleimhaut treffen, können zu dem gleichen Ziele führen. Hatte Frerichs [11]) Speisen in den Magen eines mit einer Magenfistel versehenen Hundes unmittelbar eingeführt, so sonderte sich mehr Mundspeichel auf der Stelle ab. Vertauschte er jene mit Kochsalz, so stürzte dieser in größerer Menge hervor. Es erklärt sich hieraus, weshalb eine krankhafte Reizung der Magenschleimhaut den lebhaftesten Zusammenfluß der Mundflüssigkeiten zur Folge haben kann.

§. 424. Braucht man größere Speichelmengen zu chemischen oder physiologischen Beobachtungen, so bedient man sich mancher künstlichen Hilfsmittel, um zum Ziele zu gelangen. Das Tabackrauchen und vorzüglich der Kitzel des weichen Gaumens leisten in dieser Hinsicht die besten Dienste. Dieses Verfahren liefert aber eine Mischung, die wahrscheinlich wässriger als sonst auszufallen pflegt.

Wassergehalt der Mundflüssigkeiten. §. 425. Beobachtungen der Art lehren, daß die von den beigemengten Schleim- und Epithelialtheilen abfiltrirte Mundflüssigkeit zu den wasserreichsten Mischungen des Körpers gehört. Mein Speichel hinterließ z. B. nur 0,77 % festen Rückstandes. Frerichs erhielt 0,51 bis 1,05 % aus 18 Einzelanalysen, deren Mittel 0,72 % betrug.

§. 426. Das Kauen, das die Speisen verkleinert und eine Menge feiner Spalträume in ihnen erzeugt, macht es auch möglich, daß sie sich mit beträchtlichen Quantitäten von Mundflüssigkeiten durchtränken. Es läßt sich von vorn herin erwarten, daß die aufgenommene Flüssigkeit mit der Trockenheit und der Verkleinerungsfähigkeit der Nahrungsmittel durchschnittlich wachsen wird. Eine von Lassaigne gestellte Versuchsreihe bestättigte diese Voraussetzung. Die Gewichtszunahme, die sich nach dem vollständigen Kauen ergab, betrug nur 4 % für Aepfel, 8 % für Nüsse, 28 % für Zwieback, 43 bis 45 % für Rindfleisch und 30 bis 127 % für verschiedene Brotarten. Durchtränkung der Speisen bei dem Kauen.

§. 427. Da der gesunde, bei dem Kauen in reichlicher Menge hervorströmende Speichel alkalisch reagirt, so werden alle in schwach alkalischem Wasser löslichen Bestandtheile, so weit es die Mengenverhältnisse gestatten, gleich am Anfange aufgelöst werden. Die schleimigte Beschaffenheit der Mundflüssigkeiten kann zur Glättung des Bissens beitragen. Wird er später durch die Rachenenge durchgezwängt, so streift er Schleim von der Zungenwurzel, dem weichen Gaumen und den bloß gelegten Mandeln (§. 377.) ab. Er umgiebt sich mit einer schlüpfrigen Hülle, die ihn desto leichter fortgleiten läßt. Alkalische Beschaffenheit des Speichels.

§. 428. Die Mundflüssigkeiten können weder fette noch geronnene Eiweißkörper auflösen. Das Fleisch, das zwischen den Zähnen haften geblieben ist, entfärbt und erweicht sich daher nur, selbst nach längerem Aufenthalte in der Mundhöhle. Der Speichel besitzt dagegen die Fähigkeit, den Kleister unter den begünstigenden Wärmeverhältnissen in Dextrin und Traubenzucker überzuführen und auf diesem Wege löslich zu machen. Höhere Wärmegrade beschleunigen diesen Umsatz in auffallender Weise. Die Temperatur von ungefähr 36° bis 37° C., welche die vollkommen durchkauten Nahrungsmittel anzunehmen pflegen, ist keineswegs geeignet, jene Veränderung augenblicklich einzuleiten. Die Zuckergährung der gekochten Stärke kann daher, wenn der Bissen den Schlund und die Speiseröhre hinabgeht, noch nicht vollendet sein. Umsatzkräfte der Mundflüssigkeit.

Die Beimischung des Speichels verfehlt aber dessenungeachtet ihren Nutzen nicht. Sie bildet gewissermaaßen eine Vorsichtsmaaßregel für die Zukunft. Wir werden sehen, daß die Anwesenheit des sauren Magensaftes jene Wirkung des Speichels nicht aufhebt. Sie kann sich daher in dem Magen, in dem die Speisen länger verweilen, fortsetzen.

§. 429. Manche Wiederkäuer, die sehr viel Speichel abzusondern pflegen, führen große Mengen desselben in ihre beiden ersten Mägen, vorzüglich den Pansen hinab. Es liegt nahe, diese Erscheinung mit dem Einflusse, den die Mundflüssigkeit auf die gekochte oder die durch den Einfluß des erwärmten Wassers aufgelockerte Stärke ausübt, in Beziehung zu bringen.

§. 430. Die rohe Stärke kann zwar der Kraft des Speichels ebenfalls unterliegen. Sie setzt aber einen bei Weitem größeren Widerstand entgegen. Hat man Abschnitte nicht gekochter Kartoffeln mit den Mund-

flüssigkeiten vermischt und einem Wärmegrade von 40° C. ausgesetzt, so wird man oft noch nach 24 Stunden finden, daß die meisten, wo nicht alle ihre Formen beibehalten haben und mit Jodtinctur blau werden. Untersucht man den Inhalt des ersten Magens der Wiederkäuer unter stärkeren Vergrößerungen, so macht man nicht selten ähnliche Erfahrungen. Einzelne vom Menschen erbrochene Massen können nach J. Vogel das Gleiche lehren. Wir werden überhaupt sehen, daß die Natur jenseit des Magens Verdauungssäfte, die auf den Stärkeumsatz berechnet sind, angebracht hat. Der verschluckte Speichel bildet nur ein Surrogat für den Magen, dessen Magensaft sich mit der Auflösung anderer Nahrungsbestandtheile beschäftigen soll.

§. 431. Die Mundflüssigkeiten, wie sie gewöhnlich entleert werden, d. h. die Mischung der Absonderungen der Mundschleimhaut, der in ihr enthaltenen Drüsen und des reinen Speichels leitet jedenfalls die Zuckergährung der gekochten Stärke am Kräftigsten ein. Manche Forscher, wie Bidder, Jacubowitsch und Schmidt sprechen diese Fähigkeit der reinen Mundflüssigkeit und dem reinen Speichel gänzlich ab; Andere, wie Lassaigne, Magendie, Rayer, Bernard und Barreswill, schreiben sie jener allein zu. Frerichs fand endlich, daß der Wasserauszug der einzelnen Speicheldrüsen oder der der Mundschleimhaut nur Spuren von Zucker liefert, wenn die Mengung beider beträchtlichere Massen zum Vorschein bringt. Mialhe nannte die durch Weingeist fällbare Masse, die Speicheldiastase, weil sie die Zuckergährung der Stärke gleich der pflanzlichen Diastase (§. 299.) einzuleiten vermag. Es ist jedoch noch nicht möglich gewesen, diesen Umsatzkörper reiner darzustellen. Das Vermögen, die Zuckergährung einzuleiten, kommt übrigens noch vielen Schleimarten, dem in Zersetzung begriffenen Blute, der Leber- oder der Nierenmasse und wahrscheinlich zahlreichen anderen, nicht ganz frischen Körpergebilden zu.

Absonderung der Speiseröhre. §. 432. Die kurze Zeit, in der die an ihrer Oberfläche mit Schleim umhüllten und daher geglätteten festen Nahrungsmittel in der Speiseröhre verweilen, führt zu keinen wesentlichen chemischen Veränderungen. Man weiß aber bis jetzt nicht, ob die Drüsen dieses Theiles des Nahrungscanales eine Mischung liefern, die ebenfalls noch im Magen fortwirken kann.

§. 433. Der größte Theil der Innenhaut des Magens besteht aus den gleich senkrechten Pallisaden aufgestellten Magen- oder Labdrüsen, (Fig. 89 und Taf. IV. Fig. LIII.), deren Haufen man auf passenden Schleimhautschnitten unter schwachen Vergrößerungen leicht erkennt. Sie liefern den Magensaft, den Magenschleim oder das Lab, d. h. eine Mischung einer zähen Grundflüssigkeit mit Körnchen, Kernen und Pflasterzellen. Diese verschiedenartigen dichteren Körperchen bilden wahrscheinlich den sichtlichen Ausdruck des fortwährenden Umsatzes, der steten Veränderung, in der das Ganze begriffen ist und von welcher die Lösungskräfte des Magensaftes,

Fig. 89.



die dem hypothetischen Verdauungsstoffe oder dem Pepsin zugeschriebenen Eigenschaften vermuthlich abhängen. Da aber die Absonderungen vieler anderen Drüschen, obgleich sie ähnliche mikroskopische Bestandtheile darbieten, die gleichen Fähigkeiten nicht besitzen, so folgt, daß die dem Auge kenntlichen Merkmale nicht hinreichen, die innere Natur jener Mischung vollständig zu ergründen.

§. 434. Der leere Magen führt einen Schleim, der neutral oder schwach sauer reagirt. Schabt man ihn ab, so stößt man in der Tiefe auf eine Flüssigkeit, welche die Pflanzenfarben lebhafter röthet. Kitzelt man die bloßgelegte Magenschleimhaut, führt man Steine oder andere unlösliche Körper in den unversehrten Magen eines lebenden Hundes ein, so quillt eine reichlichere Menge einer entschieden sauren Absonderungsflüssigkeit hervor. Die Speisen wirken in ähnlicher Weise. Ihre Consistenz wirkt gleichsam als Erreger, um den sauren Magensaft, den sie zu ihrer Verarbeitung nöthig haben, herbeizuschaffen. Freie Säure des Magensaftes.

§. 435. Wir haben §. 420 gesehen, daß die mit den Speisen herabgeführten Mundflüssigkeiten alkalisch reagirten. Wir werden finden, daß das Blut, die Lymphe und viele Beimischungen, die sich dem Speisebrei in den späteren Theilen des Nahrungsschlauches hinzugesellen, die gleiche Beschaffenheit darzubieten pflegen. Da die freie Säure des Magensaftes dessenungeachtet immer wiederkehrt, so muß in den Wänden der Labdrüsen oder in dem innerhalb derselben liegenden Umsatze ein Grund liegen, weshalb der Magensaft seine saure Reaction so nachdrücklich verräth. Spritzt man warmes Blut in die Schlagadern des Magens eines frisch getödteten Thieres ein, so quillt nach Bernard ein saurer Magensaft auf der Stelle hervor.

§. 436. Man hat sich über die Ursache, von der die freie Säure abhängt, vielfach gestritten. Man weiß gegenwärtig, daß Salzsäure, wie man früher annahm, der Erscheinung nicht zum Grunde liegt, und daß der Magensaft der körnerfressenden Vögel, die Kieselsteine verschlucken, keine freie Fluorwasserstoffsäure einschließt. Milchsäure hat die meiste Wahrscheinlichkeit für sich. Sie kann aber nicht bloß von dem Magensafte, sondern auch von den sich umsetzenden Kohlenhydraten (§. 324.), der veränderten Milch (§. 324.) oder anderen Körpern geliefert werden. Es ist in gleicher Weise möglich, daß man Buttersäure, andere flüchtige Fettsäuren (§. 326.) oder Essigsäure im gefüllten Magen ausnahmsweise antrifft. Die Chemie kann aber noch nicht entscheiden, ob die saure Reaction von freier Säure, sauren Salzen oder sauren organischen Verbindungen herrührt.

§. 437. Wir werden bald sehen, daß man die wesentlichsten Wirkungen der Magenverdauung nachzuahmen im Stande ist, wenn man den Wasserauszug der Magenschleimhaut mit geringen Säuremengen versetzt und sich eine künstliche Verdauungsflüssigkeit auf diesem Wege zu bereiten sucht. Man kann hierzu die verschiedensten Säuren, wenn sie überhaupt nur in entsprechenden Minimalmengen vorhanden sind, mit

Erfolg gebrauchen. Die nöthigen Quantitäten der Säure und die Schnelligkeit der Wirkung wechseln aber mit der Verschiedenheit der Zusatzflüssigkeit. Die Frage, welche Säure in dem Magensafte thätig sei, ist daher insofern von Bedeutung, als es sich um die Ermittelung derjenigen sauren Verbindung handelt, deren sich die Natur ursprünglich zu bedienen pflegt und die wahrscheinlich den zweckmäßigsten Nebenbedingungen entsprechen wird.

Schicksal der Kohlenhydrate und der Fette.

§. 438. Der Magensaft soll nicht die Kohlenhydrate und die Fette umsetzen. Jene können noch von dem beigemengten Speichel angegriffen werden, weil der saure Magensaft diesen Einfluß nicht aufhebt. Es kann überdieß vorkommen, daß sich Fettsäuren erzeugen. Das Hauptziel der Magenverdauung besteht aber in der Auflösung der geronnenen Eiweißmassen.

Künstliche Magenverdauung.

§. 439. Füllt man den Magen eines frisch getödteten Thieres mit Wasser, läßt das Ganze 24 Stunden stehen, filtrirt dann die Flüssigkeit und dickt sie in mäßiger Wärme ein, so erhält man eine Mischung, welche eine passende künstliche Verdauungsflüssigkeit unter geeignetem Säurezusatze darstellt. Man kann auch Stückchen der Magenschleimhaut zu schwach angesäuertem Wasser unmittelbar hinzufügen. Ein rasch getrockneter Magen, der Jahre lang aufbewahrt worden, dient hierzu fast eben so gut, als ein frischer. Manche Forscher ziehen die Magenschleimhaut mit Wasser aus, dampfen die filtrirte Flüssigkeit ein und behandeln sie von vorn herein mit Weingeist oder erst nachdem sie sie mit essigsaurem Blei gefällt und den Niederschlag mit Hilfe von Schwefelwasserstoff von dem Metalle gereinigt haben.

§. 440. Hat die Natur eine freie Säure zu ihren Zwecken nöthig, so versteht es sich von selbst, daß sie diese nur in beträchtlicher Verdünnung gebrauchen wird, weil sonst die Gewebtheile selbst angegriffen würden. Man findet überdies in den künstlichen Verdauungsversuchen, daß nur Minimalmengen, z. B. solche von Salzsäure, welche eine wässrige Eiweißlösung schwach fällen oder unverändert erhalten würden, sogenannte mikrolytische Quantitäten zu dem erwünschten Ziele führen. Größere Massen schaden oder stören dagegen durch ihre tieferen Eingriffe.

§. 441. Die begünstigenden Einflüsse mäßiger Wärmegrade, kleiner Säuremengen und geeigneter Fermentkörper können an jeder Art von künstlicher Verdauungsflüssigkeit mit Leichtigkeit nachgewiesen werden. Ahmt man die Temperatur des Magens der warmblütigen Geschöpfe nach, indem man das Ganze 36° bis 40° C. anhaltend aussetzt, so geht die Auflösung rascher, als bei 15° bis 20° C. von Statten. Die Siedhitze vernichtet die Fähigkeit der Verdauungsflüssigkeit. Höhere Wärmegrade, als 50° C., schaden in auffallender Weise.

§. 442. Läßt man die nicht angesäuerte Verdauungsflüssigkeit bei 36° bis 40° C. stehen, so entwickelt sie binnen Kurzem einen durchdringenden Fäulnißgeruch. Hinzugefügte Eiweißkörper werden nicht unmittelbar gelöst, sondern höchstens einer unpassenden theilweisen Selbstzer-

setzung ebenfalls zugeführt. Ist hingegen eine geringe Säuremenge außerdem vorhanden, so bleibt jene Fäulniß aus. Das Ganze nimmt den säuerlichen Geruch des Erbrochenen an, behält diesen die längste Zeit bei und löst die geronnenen Eiweißkörper wahrhaft auf.

§. 443. Sehr verdünnte Mineralsäuren können allerdings Fleisch oder Eiweißwürfel nach und nach bewältigen. Selbst unvollkommene Wirkungen haben aber Tage lange Zeiträume und höhere Temperaturen nothwendig. Wir sehen hieraus, welche Vortheile die von der Natur gebrauchte gegenseitige Verbindung der mäßigen Wärme, der schwachen Ansäuerung und der passenden Fermentkörper darzubieten vermag.

§. 444. Obgleich die künstliche Verdauungsflüssigkeit die wesentlichsten Grundwirkungen des Magensaftes des lebenden Magens wiederholen kann, so zeigen doch beide manche durchgreifende Unterschiede. Wenn man die Magenschleimhaut mit Wasser auszieht, so können noch fremde Verbindungen, wie lösliches Eiweiß, aus den Geweben selbst aufgenommen werden. Es wird daher auch die Verdauungsflüssigkeit andere und zum Theil schwankendere Reactionen, als der Magensaft darbieten. Läßt man Stückchen der Magenhäute in angesäuertem Wasser digeriren, so zehren sich gleichsam jene selbst auf. Ihre Fasermassen werden nach und nach verflüssigt. Wir erhalten zuletzt eine trübe Mischung, in der die früheren größeren Abschnitte der Magenhäute zu mangeln pflegen. Etwas Aehnliches kann sich in der Leiche theilweise wiederholen. Viele Fälle scheinbarer gallertartiger Magenerweichung, die man in dem Cadaver antrifft, rühren davon her, daß der stark saure Magensaft die Nachbargewebe nach dem Tode angegriffen hat. Es versteht sich aber von selbst, daß diese Nebenwirkung in dem lebenden Geschöpfe fehlt oder durch Ersatzbildungen unschädlich gemacht wird.

§. 445. Lassen wir diese Verschiedenheiten unbeachtet, so stoßen wir auf ziemlich gleichförmige Veränderungen, wir mögen diese mit Hilfe der künstlichen Verdauungsflüssigkeit oder in dem lebenden Magen verfolgen. Zwei Wege, die Untersuchung des Erbrochenen oder die Anlegung von Magenfisteln, können in dem letzteren Falle zum Ziele führen.

§. 446. Berücksichtigen wir zunächst die Eiweißkörper, so machen sich hier wiederum der Aggregatszustand und die übrige Beschaffenheit mit Nachdruck geltend. Der Faserstoff des Blutes leistet geringeren Widerstand, als das Eiweiß der hart gesottenen Eier. Die Muskelfasern unterliegen leichter, als die dichteren Fasermassen der Sehnen oder der Gelenkbänder. Der harte Käse wird so langsam bewältigt, daß oft noch ein Theil desselben in den Zwölffingerdarm übertritt. Verdauung des Eiweißes.

§. 447. Scharf geschnittene Eiweißwürfel werden zuerst an ihren Kanten durchscheinender, während ein undurchsichtigerer Kern in der Mitte zurückbleibt. Die Verarbeitung schreitet dann von außen nach innen, wie in jeder anderen Auflösung weiter fort. Die Kanten runden sich ab, erweichen immer mehr und lösen sich endlich gänzlich auf. Der Kern unterliegt den gleichen Wechselerscheinungen. Man erhält zuletzt

eine grauweiß getrübte Masse, in welcher der bei Weitem größte Theil, wo nicht alles Eiweiß, chemisch aufgenommen und nicht bloß mechanisch vertheilt ist.

Verdauung des Fleisches. §. 448. Das Fleisch verhält sich im Anfange, wie in einer schwach angesäuerten Flüssigkeit. Das zwischen den Muskelfasern befindliche Perimysium und die eigene Masse von jenen werden durchsichtiger und gallertartiger. Man kann das Sarcolemma (Taf. IV. Fig. LIV. b.) und die an ihm befindlichen Kerne (c) leichter unterscheiden. Diese Gebilde vergehen später. Die Querstreifen der Muskelfasern können aber sehr lange, vorzüglich unter dem Einflusse der Beschattung erkannt werden. Die Fasermasse sondert sich dann in Bruchstücke, wie es Fig. 90 anzudeuten sucht. Man erhält zuletzt eine trübe unvollständige Auflösung des Ganzen. Die breiteren Muskeln erwachsener Thiere widerstehen nach Frerichs länger, als die schmaleren junger Geschöpfe. Das Kochen oder das mäßige Braten befördern die Schnelligkeit der Lösung unter sonst gleichen Nebenverhältnissen.

Fig. 90.



Verdauung des Käsestoffes. §. 449. Der Käsestoff kann die Verdauungsthätigkeit des Magens unter zweierlei Verhältnissen in Anspruch nehmen. Wir führen ihn häufig in fester Form, z. B. im Käse ein. Die Milch gerinnt aber binnen Kurzem unter dem Einflusse der Magenschleimhaut, so daß der niedergeschlagene Käsestoff von Neuem gelöst werden muß.

§. 450. Der Käse gehört zu denjenigen Eiweißverbindungen, die zwar von der Verdauungsflüssigkeit bewältigt werden, ihr jedoch einen bedeutenden Widerstand leisten können. Es gehen daher auch nicht selten Ueberreste desselben in den Dünndarm über.

Verdauung der Milch. §. 451. Verhältnißmäßig sehr geringe Mengen von Magenschleimhaut oder von angesäuerter künstlicher Verdauungsflüssigkeit schlagen beträchtliche Massen von Käsestoff aus der Milch nieder. Diese Wirkung hängt wahrscheinlich nicht sowohl von der unmittelbaren Neutralisation des Alkali der Milch, als von einer eigenthümlichen Contactwirkung ab. Die Mengen von Milchsäure, die sich aus dem Milchzucker erzeugen, stehen nach Mitscherlich im Anfange in keinem Verhältnisse zu gefällten Käsestoffquantitäten. Die Eiweißhülle, die jedes Milchkörperchen (Fig. LXX. a.) umgiebt, löst sich nicht selten auf, so daß die Oel- oder Butterkügelchen frei werden und zu größeren Tropfen bei der späteren zufälligen Berührung zusammenfließen. Die übrigen Flüssigkeiten werden im Magen größtentheils aufgesogen. Der zurückbleibende Käsestoff- und der Fettabsatz vermindern sich unter dem Einflusse der Verdauungsthätigkeit, bis endlich der Ueberrest nach dem Zwölffingerdarm weiter geht.

Verdauung d. pflanzlichen Eiweißkörper, des Leimes u. der leimgebenden Gewebe. §. 452. Pflanzeneiweiß, Legumin und Kleber lösen sich gleich den thierischen Eiweißkörpern im Magen auf. Der Leim unterliegt ebenfalls. Wie aber das in der sauren künstlichen Verdauungsflüssigkeit ge-

löste Eiweiß durch die Siedhitze nicht gefällt wird, so hat dann die Leimlösung die Fähigkeit, bei dem Gerinnen zu erkalten, gänzlich eingebüßt. Weichere leimgebende Gewebe, wie die verschiedenen Arten des Zellgewebes unterliegen mit Leichtigkeit dem Einflusse der Magenverdauung. Dichtere dagegen, wie Sehnen, Bänder oder elastische Fasern erhalten sich häufig trotz der fortgesetztesten Einwirkung. Die Grundmasse (Taf. III. Fig. XLV. a.) dünnerer Knorpelscheiben wird zuerst angegriffen. Ihre Lösung kommt im Ganzen langsamer zu Stande. Sie vergehen jedoch zuletzt bis auf einen großen Theil ihrer Kerngebilde. Die Knochen verlieren nur einen Theil ihrer verhältnißmäßig so beträchtlichen Mengen von Kalksalzen. Ihr Knorpel dagegen unterliegt eher dem Magensafte. Er scheint sich ähnlich, wie die bleibenden Knorpelmassen zu verhalten.

§. 453. Wir wissen, daß sich ein Pulver rascher, als ein größerer fester Körper unter sonst gleichen Verhältnissen auflöst, weil die Vertheilung in kleine Massen die gegenseitigen Berührungsoberflächen vergrößert (§. 31.). Man kann das Gleiche in den Verhältnissen der Magenverdauung wiederfinden. Dieselbe Menge geronnenen Eiweißes verflüssigt sich bei Weitem schneller, wenn wir sie in eine große Zahl dünner Blätter zerschnitten, als wenn wir sie in der Form eines umfangreichen Würfels preis gegeben haben. Das vollständige Durchkauen der Speisen hat daher nicht bloß den Nutzen, daß es diese mit den Mundflüssigkeiten inniger und reichlicher vermischt, sondern daß es auch die spätere Magenverdauung beschleunigen hilft. Einfluß des Durchkauens auf die Magenverdauung.

§. 454. Die Magenbewegungen gewähren ebenfalls wesentliche Vortheile. Sie verkneten die oberflächlichsten Schichten mit Magensaft und schaffen sie endlich fort, damit sich das Gleiche für tiefere Lagen wiederholen kann. Da zugleich die verdünnteren, vollkommen flüssigen Massen schon im Magen aufgesogen werden, so bleiben die dichteren, welche die Wirkung des Magensaftes nöthig haben, um so reiner zurück, ungefähr wie ein Niederschlag, den wir durch das Filtriren zu sondern suchen, späteren Auszugsmassen zugänglicher wird. Der Abgang der Flüssigkeiten gewährt noch den Nutzen, daß keine zu starke Verdünnungen störend eingreifen. Nutzen der Magenbewegungen.

§. 455. Die Beschaffenheit des Speisebreies, der in den Zwölffingerdarm zunächst übergeht, muß natürlich mit der Verschiedenheit der Nahrung in hohem Grade wechseln. Er bildet in der Regel eine mechanische Mengung einer grauen gallertigen halbdurchsichtigen Masse und aller Reste, die der Magenverdauung widerstehen konnten. Jene enthält die aufgelösten Stoffe, die der Nebenverhältnisse wegen in die Lymphe oder das Blut nicht mehr übergingen. Man kann daher in ihr Ueberreste von Gummi, Zucker, Milchsäure, Pectin nach dem Genusse von Kartoffeln, Brot und anderer Pflanzennahrung oder von Eiweiß- und Leimkörpern nach dem der entsprechenden thierischen Speisen antreffen. Die mechanischen Beimischungen werden aus rohen Stärkekörnern, entfärbten einfachen, dichteren oder verholzten Zellen und Gefäßbündeln, Natur des Speisebreies.

Fett, pulverigen Resten von hartem Eiweiß oder von Käsestoff, den Bruchstücken von Knorpeln, Muskelfasern, Sehnen, Bändern und aus den Salzen der Knochen oder einzelnen Knochensplittern bestehen können. Die flüssigen Massen, die größtentheils aufgesogen werden, zum Theil aber auch in den Zwölffingerdarm übertreten, scheinen immer verhältnißmäßig bedeutende Mengen von Asche einzuschließen. Pflanzenfresser liefern durchschnittlich mehr, als Fleischfresser.

Wechsel der Beschaffenheit der Magenschleimhaut.

§. 456. Wir haben schon früher gesehen, daß sich der Einfluß der Aggregatszustände der Nahrungsmittel in hohem Grade geltend macht. Man darf daher die Verdaulichkeit der Speisen nach ihrem chemischen Verhalten allein nicht beurtheilen. Ein zweiter Beschränkungsgrund liegt in den Zuständen, welche die Magenschleimhaut selbst darbieten kann. Die Stärke, mit der sie aus ihrer Ruhe erweckt wird, hängt zunächst von dem mäßigen Reibungsgrade, den die in den Magen eingeführten Stoffe ausüben, ab. Geringe Mengen kalter Flüssigkeiten begünstigen die Aussonderung, während sie unter dem Einflusse größerer Eismassen sichtlich leidet. Blondlot und Bernard [12]) glaubten gefunden zu haben, daß der Zusatz einer schwachen Lösung von kohlensaurem Kali die Lösung des Fleisches nachdrücklicher, als der von wenig Weinessig befördert, daß daher die schwach alkalische Beschaffenheit des Speichels und vieler Nahrungsmittel, wie des Eiweißes, die Magenthätigkeit unterstützt. Größere Alkalimengen hingegen schaden wiederum. Bedeutendere Massen von Kochsalz beschränken die künstliche Verdauung der geronnenen Eiweißkörper. Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß nicht bloß die Beschaffenheit, sondern auch die gegenseitige Mischung der Nahrungsmittel entscheidend eingreift. Die Magenschleimhaut selbst scheint endlich zu den empfindlichsten Körpertheilen zu gehören. Stärkere fieberhafte Aufregungen, kräftigere mechanische oder chemische Reize, die sie unmittelbar treffen, ändern leicht die Absonderung, die sie liefert, und die Bewegungen, in die der Magen verfällt. Man erhält dann einen Labsaft, der gar nicht oder schlecht verdaut. Es leiten sich Gährungserscheinungen, die nicht zur Regel gehören, ein. Es tritt Galle in den Magen zurück. Brechneigungen oder vollständiges Erbrechen können diese Unregelmäßigkeiten häufig begleiten.

Darmsaft.

§. 457. Die Speisereste, welche in die dünnen Gedärme übertreten, begegnen zunächst dem sogenannten Darmsafte, d. h. den verschiedenartigen Absonderungsmassen, welche die Brunner'schen, die Lieberkühn'schen und die Peyer'schen Drüsen und vielleicht auch die Schleimhaut selbst liefern. Sie treffen überdies mit dem Bauchspeichel und der Galle in dem absteigenden Theile des Zwölffingerdarmes zusammen.

Absonderung der Brunner'schen Drüsen.

§. 458. Da es unmöglich ist, die Absonderungen jener kleinen Darmdrüsen von den übrigen Beimischungen vollständig zu trennen, so muß es auch dahingestellt bleiben, welche Wirkungsunterschiede den Eigenthümlichkeiten des Baues jener Absonderungswerkzeuge entsprechen.

Die Flüssigkeit der in den Pflanzenfressern stärker entwickelten Brunner'schen Drüsen besitzt nach Middeldorpf [13]) keine Lösungskräfte für Eiweißwürfel oder Fleischmassen, während sie Stärke in Traubenzucker umwandeln kann.

§. 459. Manche Nebenverhältnisse können die Reactionen der in den Gedärmen vorhandenen schleimigten Massen wesentlich ändern. Prüft man die oberen Abschnitte, so ist es möglich, daß der übergetretene saure Speisebrei die alkalische Beschaffenheit der Absonderungen verdeckt. Milchsäure, die sich aus den genossenen Kohlenhydraten erzeugt, vermag ähnliche Irrwege herbeizuführen. Rechnet man nun noch hinzu, daß geringe Mengen schwach reagirender Flüssigkeiten von den gewöhnlich gebrauchten Pflanzenfarben schwach oder selbst unrichtig angedeutet werden, so können die Widersprüche, die sich in solchen Prüfungen ergeben haben, nicht befremden. Reactionen des Dünndarminhaltes.

Middeldorpf fand z. B., daß die Absonderung der Brunner'schen Drüsen des Schweines sauer, Frerichs dagegen, daß sie und die der Lieberkühn'schen Drüsen alkalisch reagirten. Man darf aber annehmen, daß die ursprüngliche alkalische Beschaffenheit des Darmsaftes um so entschiedener hervortritt, je weiter wir von dem Zwölffingerdarme aus nach unten zu fortschreiten.

§. 460. Der schleimigte Darmsaft befördert wiederum zunächst das Dahingleiten der Nahrungsüberreste. Seine Zähigkeit bedingt es, daß sich die flüssigeren Fette feiner emulsionsartig vertheilen und in diesem Zustande länger verharren. Es kann sich ferner Stärke in Zucker, obgleich mit keiner bedeutenden Kraft umsetzen. Da der Schleim in Umsatz begriffene Massen einschließt, so wäre es möglich, daß er einen organischen Fermentkörper unter geeigneten Verhältnissen zu liefern vermag. Man muß jedoch bemerken, daß die mit schwach angesäuertem Wasser vermischte Dünndarmschleimhaut geronnene Proteinkörper nicht zu lösen pflegt. Nutzen des Darmschleimes.

§. 461. Der Bauchspeichel gesunder Thiere scheint nur während der Verdauungszeit in reichlicher Menge abzufließen. Die Beschaffenheit desselben wechselt vermuthlich sehr leicht unter regelwidrigen Verhältnissen. Leuret und Lassaigne, Tiedemann und Gmelin, Bernard und Frerichs erhielten wesentlich verschiedene Mischungen, als sie eine Röhre in den Wirsung'schen Gang lebender Säugethiere und Vögel und zwar von der Zwölffingerdarmmündung aus oder in dem Verlaufe jenes Abführungscanales mit oder ohne Schonung der Drüsenmasse, eingesetzt hatten. Die Einen fanden in ihm beträchtliche Eiweißmassen, die Anderen dagegen nicht. Fast Alle bemerkten dagegen eine alkalische Beschaffenheit des ausfließenden Bauchspeichels. Der Wasserauszug des frischen Pancreas der Kuh kann auch sauer reagiren. Einfluß des Bauchspeichels.

§. 462. Die Bauchspeichelflüssigkeit muß gewisse, zur Zersetzung geneigte Körper enthalten. Zerreibt man das Pancreas mit Wasser oder zieht es möglichst vollständig aus, so fault das Ganze binnen Kurzem

in der Brütwärme. Diese Erscheinung liefert einen Fingerzeig, weshalb der Bauchspeichel einen so kräftigen Gährungserreger abzugeben pflegt.

§. 463. Mischt man die in Wasser zerriebene Masse der Bauchspeicheldrüse mit Kleister, so löst er sich rasch auf und geht bald in Traubenzucker über. Läßt man das Ganze in passender Wärme länger stehen, so rückt die Gährung schnell vorwärts. Man bemerkt stark saure, von Milchsäure vermuthlich herrührende Reactionen. Eine lebhafte Gasentwickelung kann die reichliche Erzeugung von Kohlensäure andeuten.

§. 464. Die saure Beschaffenheit der Flüssigkeit, die Anwesenheit von Galle, von Darmschleim oder von Dünndarmstücken heben die kräftigen Gährungseinflüsse der künstlichen Bauchspeichelflüssigkeit nicht auf. Wir dürfen daher schließen, daß sie sich auch im Leben geltend machen und daß sie hier nicht wenig dazu beitragen wird, Milchsäure und selbst Kohlensäure aus den passenden Kohlenhydraten zum Vorschein zu bringen. Die Körner der rohen Stärke unterliegen aber wiederum weit langsamer, als die Kleistermasse. Läßt man eine größere Menge von jenen mit Pancreasflüssigkeit vermischt selbst drei Tage lang in der Brütwärme stehen, so findet man noch den größten Theil der Stärkemehlkörner unverändert wieder. Das Ganze kann dabei widerlich sauer riechen, obgleich sich nur geringe Mengen aufgelöst haben. Es erklärt sich hieraus, weshalb viele Stärkemehlkörner in dem oberen Theile der dünnen Gedärme nicht verarbeitet, sondern unversehrt weiter geführt werden.

§. 465. Der Bauchspeichel kann zwar dazu beitragen, die flüssigen Fette emulsionsartig zu vertheilen. Diese Wirkung, die anderen Verdauungssäften ebenfalls zukommt, bildet aber wahrscheinlich kein wesentliches Glied der dem Bauchspeichel angewiesenen Thätigkeitsbestimmungen.

§. 466. Die kräftige Gährung, welche der Bauchspeichel in dem Kleister erregt, erklärt noch nicht vollkommen die Nothwendigkeit dieser Absonderung. Da er Eiweißwürfel nicht auflöst, so bleibt es ferneren Forschungen vorbehalten, welche feinere Veränderungen in den stickstoffhaltigen Nahrungsverbindungen unter dem Einflusse des Pancreassaftes auftreten können. Die Galle scheint um so eher harzige Massen abzusetzen.

Beziehung der Galle zu den Verdauungserscheinungen.

§. 467. Die vielfachen Bemühungen der Chemiker, die Gallenbestandtheile zu verfolgen, haben bis jetzt zu keinen, der Physiologie genügenden Ergebnissen führen können. Die leichte Zersetzbarkeit jener Mischung bedingt es, daß schon die einfacheren chemischen Vorbereitungen Umsatzproducte, die nicht selten für die Hauptsache angesehen wurden, liefern. Bleibt auch wahrscheinlich die Galle in dem Darm selbst und sogar in der Gallenblase nicht unverändert, so ist es doch noch nicht gelungen, den Gang der hier Statt findenden Umsatzerscheinungen mit genügender Klarheit darzulegen.

§. 468. Wir werden in der Folge sehen, daß die Galle gewisse, vorläufig unbrauchbare Stoffe aus dem Blute abscheidet. Ein Theil ihrer nach und nach unlöslich gemachten Stoffe geht in dem Kothe davon.

Diejenigen Verbindungen, welche ihre tropfbar flüssige Form bewahren und vielleicht manche, die nach und nach abermals aufgelöst werden, kehren in das Blut von Neuem zurück. Die in der Thierwelt durchgreifende Einrichtung, daß die Galle hoch oben in den Anfangstheil der dünnen Gedärme ergossen wird, läßt eine doppelte Deutung offen. Da jene Absonderung die Nahrungsreste auf dem größten Theile ihres Weges begleiten muß, so könnte sie die Bestimmung haben, die Verdauung wesentlich zu unterstützen. Es wäre aber auch nur möglich, daß die passende Sonderung der Galle in lösliche, der Aufsaugung fähige und dichte, zur Ausstoßung bestimmte Bestandtheile die Mitwirkung der dünnen und der dicken Gedärme nöthig hätte. Die Veränderungen, die sie in den Speiseresten hervorruft, wären bloße Nebenerscheinungen von mehr oder minder untergeordneter Bedeutung.

§. 469. Die bisjetzt vorliegenden Erfahrungen können zwischen diesen beiden Vorstellungen mit Sicherheit nicht entscheiden. Da die Verdauung in der Gelbsucht oder bei der Anwesenheit künstlicher Gallenfisteln nicht vollkommen aufhört, so ergiebt sich, daß die Galle für den allgemeinen Hergang nicht unerläßlich ist. Die physikalischen Eigenschaften der Kothmassen deuten aber schon an, daß jene Flüssigkeit gewissermaaßen den Regulator und vielleicht sogar ein nicht unbedeutendes Bestimmungsglied der eigenthümlichen Selbstzersetzung der Nahrungsreste darstellt. Man stößt hierbei auf viele Unbestimmtheiten, weil die Chemie in die hier in Betracht kommenden Fäulnißerscheinungen zu wenig vorgedrungen ist.

§. 470. Da die frische Galle keineswegs stark alkalisch ist, sondern neutral erscheint oder höchstens eine sehr schwache Alkalescenz darzubieten pflegt, so fällt die früher häufig vorgetragene Ansicht, daß sie den sauren Speisebrei neutralisiren solle, von selbst hinweg. Hat auch der obere Theil des Inhaltes der dünnen Gedärme Gallenstoffe in reichlichster Menge aufgenommen, so behält er doch seine saure Beschaffenheit in der Regel bei. Die freie Säure wirkt dagegen auf die Galle zurück. Die Farben der in dem Darm vorhandenen Massen erklären sich aus dieser Thatsache in ziemlich genügender Weise.

§. 471. Verfolgt man den Darminhalt längs der dünnen und der dicken Gedärme, so findet man, daß er zuerst gelblich bis gelblich grün, dann grüner und zuletzt braun zu werden pflegt. Braune mikroskopische Massen treten früher, als diese Farbe dem freien Auge auffällt, vereinzelt auf. Behandelt man Galle mit geringen Säuremengen oder mit angesäuerter Verdauungsflüssigkeit, so kann man gelbgrüne bis grüne Niederschläge künstlich erzeugen. Der nicht angesäuerte Magenschleim, das Kochsalz oder der Salmiak führen diese Veränderung nicht herbei. Man darf daher schließen, daß der Gallenniederschlag, welchen der saure Inhalt des oberen Theiles der dünnen Gedärme bedingt, jener Farbenveränderung zum Grunde liegt. Er besteht vor allem aus Gallenblasenschleim, der

Cholepyrrhin oder Gallenfarbestoff, Fettkörper und wahrscheinlich noch andere Gallenbestandtheile zugleich enthält.

§. 472. Wenn die Galle im Laufe des Darmcanals allmählig hinabgeht, so erleidet sie nach und nach durchgreifende Veränderungen. Das Flüssige, das nach der Abscheidung des festen Niederschlages übrig bleibt, wird wahrscheinlich nach und nach aufgesogen. Man kann durchschnittlich um so weniger Gallenstoffe aus den Nahrungsresten mit bloßem Wasser ausziehen, je tiefer dieser heruntergetreten. Man stößt hierbei auf schwer lösliche Gallenverbindungen, wie z. B. angebliche Modificationen des Cholepyrrhin, auf Taurin, Dyslysin u. dgl. Es ist jedoch noch nicht möglich, die Einzelnheiten des Umsatzes mit genügender Sicherheit anzugeben. Man weiß nur, daß diese Verbindungen den Körper mit dem Kothe zu verlassen pflegen.

§. 473. Läßt man den Niederschlag, den die faulende Menschengalle absetzt, eintrocknen, so erhält man einen braunen Körper, der zugleich den stärksten Geruch nach Menschenkoth vorzüglich nach einem geringen Wasserzusatze verbreitet. Man kann die gleichen Ergebnisse mit dem Blinddarmbrei erhalten. Wiederholt man den Versuch mit Rindsgalle, so bekommt man eine gelbgrünliche, nach Kuhmist riechende Masse.

§. 474. Manche Verbindungen, welche die künstliche Behandlung oder die Fäulnißzersetzung der Eiweißkörper erzeugt, haben zwar ebenfalls einen mehr oder minder deutlichen Kothgeruch. Man würde aber irren, wenn man den, welchen die Excremente darbieten, von den genossenen Nahrungsmitteln herleiten wollte. Er fehlt in der Regel, wenn diese ohne Weiteres faulen. Ist der Eintritt der Galle in der Gelbsucht aufgehoben, so riechen die grauweißen thonartigen Kothmassen durchdringend faulig, nicht aber, wie die gesunden Excremente. Wird auch die gleiche Nahrung verabreicht, so liefert doch jedes Geschöpf seinen eigenthümlichen Kothgeruch, der bisweilen im Blute, dem Harn, der Hautausdünstung in schwächerem Maaße wiederkehrt. Es ergiebt sich hieraus, daß die beiden zugänglichsten physikalischen Eigenschaften der Nahrungsreste, die Farbe und der Geruch, von der Galle vorzugsweise herrühren.

§. 475. Es ist bisjetzt noch nicht gelungen, eigenthümliche Auflösungskräfte der Galle nachzuweisen. Würfel von Eiweiß oder Käse, weichere oder dichtere Faserstoffmassen widerstehen dem Einflusse derselben mit großer Hartnäckigkeit. Sie besitzt eben so wenig das Vermögen, die Stärke mit irgend beträchtlicher Kraft in Zucker überzuführen und Milch- oder Essigsäuregährung einzuleiten. Man kann sie mit einem Worte als keine Mischung, die den Einfluß des Magensaftes, des Darmschleimes oder des Bauchspeichels unmittelbar zu unterstützen vermöchte, wenigstens nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen ansehen.

§. 476. Vergleichende Versuche führen eher zu der Ueberzeugung, daß die Galle manchen, der im Nahrungscanal auftretenden Umsatzerscheinungen nicht schadet, während sie sogar andere zu beschränken vermag.

Sie scheint daher mehr durch ihre negative, als durch ihre positive Wirkung dienen zu können.

§. 477. Der Bauchspeichel arbeitet als kräftiger Zersetzungserreger, es mag Galle nebenbei vorhanden sein oder nicht. Mischt man größere Gallenmengen zu der angesäuerten künstlichen Verdauungsflüssigkeit, so verliert diese die Fähigkeit Eiweißwürfel aufzulösen. Hatte ich angesäuertes Wasser mit Stücken der menschlichen Blinddarmschleimhaut vermengt, so wirkte es auf Rindfleisch schwächer als sonst. Ein Zusatz des durch Essigsäure erhaltenen Gallenniederschlages schien die Auflösung mehr zu verzögern, als die Beimischung reiner unfiltrirter Menschengalle. Der durchdringende Fäulnißgeruch, den die Kothmassen Gelbsüchtiger darbieten, führte schon früher zu dem Schlusse, daß die Galle fäulnißwidrig oder antiseptisch wirkt. Hatte Frerichs den Gallengang unterbunden, so wurden die eiweißhältigen Filtrate des Darminhaltes mit Salpetersäure rosenroth und mit Salzsäure violett gefärbt. Diese Reaction, die auch in den Stuhlentleerungen der Nervenfieber- und der Cholerakranken beobachtet worden, deutet einen bei der Fäulniß der Eiweißkörper zum Vorschein kommenden Stoff an.

§. 478. Man kann sich hiernach vorstellen, daß die Galle die Zersetzung mancher stickstoffhaltigen Verbindungen in zweckmäßiger Weise beschränkt, die durch den Bauchspeichel und vielleicht auch den Darmsaft eingeleiteten Umsatzerscheinungen dagegen nicht hindert. Sie besitzt allerdings antiseptische Einflüsse, jedoch nur für gewisse Stufen und Arten der Selbstzersetzung. Sollte die Kenntniß der feineren Verhältnisse der Fäulnißbedingungen weiter fortschreiten, so wird sich wahrscheinlich auch die Wirkung der Galle genauer angeben lassen.

§. 479. Die Farben können andeuten, daß die zum After hervortretenden galligten Bestandtheile ihren vollständigen regelrechten Umsatz nur dann erreichen, wenn die Nahrungsreste die nöthige Zeit in dem Darmcanal verweilt haben. Die gelben Durchfallentleerungen enthalten eine gewisse Menge reinerer Galle. Da die Kothmassen des Säuglings grün oder grüngelb und flüssig, die des etwas älteren Kindes dagegen gelb, fester und endlich zuletzt braun erscheinen, so darf man vermuthen, daß die Beschaffenheit der Galle, die Art des Umsatzes derselben oder beiderlei Verhältnisse zugleich mit dem Alter wechseln können.

§. 480. Wir werden in der Folge sehen, daß der größte Theil der flüssigen Fette in den Milchsaft in dem Laufe der dünnen Gedärme übergeht. Die Darmbewegung verknetet sie auf das Innigste in der aus Darmsaft, Bauchspeichel und Galle bestehenden Mischung. Sie bilden dann sehr kleine, auf das Feinste vertheilte Tropfen. Es kann vorkommen, daß eine geringe Menge in Fettsäuren übergeht. Diese können auch, wie wir sahen, von den eingeführten Kohlenhydraten herrühren. Die Hauptmasse des Fettes aber bleibt in dieser Hinsicht unverändert. Verhalten der Fette im Dünndarm.

§. 481. Man kennt bis jetzt verhältnißmäßig am Wenigsten diejenige Reihe von Veränderungen, welche die Dickdarmverdauung und Verdauung in den dicken Gedärmen.

die Kothbildung begleiten. Die Ursache hiervon liegt nicht sowohl in den physiologischen, als in den chemischen Verhältnissen. Die gegenwärtige Chemie liefert noch keine hinreichend klare Anhaltspunkte für diejenigen beschränkten Fäulnißerscheinungen, welche in dem Laufe der dicken Gedärme auftreten.

§. 482. Hält man sich an das äußere Ansehen, so pflegt der Blinddarmbrei dem Inhalte der unteren Theile der dünnen Gedärme seiner Consistenz nach so ziemlich zu entsprechen. Wir finden dagegen dichtere Excrementmassen, die jedoch immer ungefähr $^3/_4$ ihres Gewichtes an Wasser und anderen flüchtigen Verbindungen enthalten, in dem Verlaufe des Grimmdarmes. Es werden die zur Ausstoßung bestimmten Verbindungen in den dicken Gedärmen des Menschen und einzelner Säugethiere, wie z. B. des Kaninchens, des Schaafes, des Pferdes u. dgl. verdichtet.

Blinddarmverdauung. §. 483. Obgleich der Inhalt des Blinddarmes einen deutlichen Kothgeruch nicht selten darbietet, so nimmt dieser doch im Verlaufe der übrigen dicken Gedärme merklich zu. Die menschlichen Excremente werden erst nach und nach bräun gefärbt. Erwägt man noch, daß Wasserstoffverbindungen, wie Kohlenwasserstoff oder Schwefelwasserstoff in den dicken Gedärmen beständiger auftreten, daß Ammoniak als Doppelsalz, nämlich als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia in reichlicherer Menge auftritt, so kann man kaum bezweifeln, daß die Ueberreste der Speisen und der Gallenniederschläge einem beschränkten, unter Wasser vor sich gehenden Fäulnißprocesse unterworfen werden.

§. 484. Während die reinen Fleischfresser einen sehr kleinen Blinddarm besitzen, erlangt dieser einen beträchtlichen Umfang in den Pflanzenfressern. Der große Sack ist in der Regel im Pferde oder im Kaninchen mit Speiseresten strotzend angefüllt. Die rohen Pflanzenstoffe, die eine längere Verarbeitung nöthig haben und deshalb anhaltender im Nahrungscanal verweilen müssen, finden wahrscheinlich in dem Blinddarm ihren günstigsten Verdauungsbehälter.

§. 485. Die Kohlenhydrate haben Hauptthebel ihres Umsatzes in dem Speichel und in den innerhalb der dünnen Gedärme hinzukommenden Absonderungsflüssigkeiten, die schwerer löslichen Eiweißkörper und andere stickstoffreiche Massen dagegen in dem Magensafte. Die flüssigen Fette werden größtentheils im Dünndarme aufgesogen. Wenn nun noch ein eigenes Verdauungssystem der dicken Gedärme hinzugefügt ist, so kann dieses nur den Zweck haben, dasjenige, das den früheren Darmtheilen entgangen, nutzbar zu machen. Der Blinddarm und der Grimmdarm bilden gleichsam die zweite Grenzwacht. Es werden die Nahrungsreste einer nochmaligen Prüfung unterworfen, damit so wenig, als möglich von brauchbaren Stoffen verloren geht.

§. 486. Ein Nebenumstand begünstigt wahrscheinlich die abermalige Ausziehung. Die stickstoffhaltigen Körper, die der Magensaft nicht bewältigt hat, treten zunächst durch den Dünndarm hindurch. Sie vermischen sich hier mit Gährungsmassen, die sie gewissermaaßen auf-

schließen oder ihre Moleküle auflockern können. Sie werden sich daher in den dicken Gedärmen leichter lösen. Bedenkt man, daß viele pflanzliche nahrhafte Körper von Hüllen von Cellulose eingeschlossen werden, so kann man sich vorstellen, daß die in dem Dünndarm Statt findenden Umsatzerscheinungen die spätere Bewältigung um so eher erleichtern. Lösen sich auch die Zellenwände nicht auf, so können sie doch an Durchdringbarkeit oder in ihren Diffusionswirkungen überhaupt gewonnen haben.

§. 487. Man kennt für jetzt noch keinen bestimmten eigenthümlichen Nutzen der an und für sich wahrscheinlich alkalischen Absonderung des Blinddarmes. Enthält er Kohlenhydrate, so gehen diese häufig in Milchsäuregährung über. Die Milchsäure kann dann zweierlei Nebenvortheile darbieten. Sie wird an und für sich manche Verbindung, vorzüglich der Pflanzennahrung und Salze, wie z. B. die kohlensaure Kalk- und Talkerde auflösen. Tritt sie mit den organischen Stoffen der Absonderung des Blinddarmes zusammen, so liefert sie eine Mischung, die geronnene Eiweißkörper bewältigt. Hatte ich angesäuertes Wasser mit Stückchen von Blinddarmschleimhaut des Menschen vermengt, so wirkte das Ganze zwar weniger stark und langsamer, als eine aus Magenschleimhaut bereitete Verdauungsflüssigkeit. Die Endergebnisse lehrten aber, daß die Lösungskräfte nicht mangelten.

§. 488. Die ebenfalls alkalische Absonderung des Dickdarmes kann wahrscheinlich auch noch Eiweißkörper aufnehmen helfen. Das Filtrat des Coloninhaltes führt häufig Eiweißmassen. Die Pflanzenreste setzen hier ihre Gährung fort, so daß nicht bloß Milchsäure, sondern auch Buttersäure zum Vorschein kommen kann. Grimmdarmverdauung.

§. 489. Die Excremente enthalten dreierlei Bestandtheile, die nicht verarbeiteten festen Speisemassen, die unlöslichen oder schwer löslichen Zellenabsätze und Schleim oder andere organische Verbindungen, für deren Entleerung der After benutzt wird. Die Winterschläfer können am Besten beweisen, daß der Mangel der Nahrungseinfuhr die Excrementalbildung nicht aufhebt. Wir werden später sehen, daß z. B. ein im Winterschlafe befindlicher Igel, der keine Nahrung seit Monaten zu sich genommen, verhältnißmäßig beträchtliche halbfeste bis feste Kothballen von Zeit zu Zeit zu entleeren pflegt. Kothmassen.

§. 490. Dichter oder stärker verholzte Pflanzenstoffe, die in reichlicherer Menge mit der Nahrung eingeführt worden, treten unverändert oder entfärbt und theilweise ausgezogen zum After heraus. Das Pferd giebt auf diese Weise eine große Menge der genossenen Pflanzenstengel wiederum von sich. Harte Samenhülsen, Kirsch- oder Pflaumenkerne können im Menschenkothe enthalten sein. Essen wir aber auch gewöhnliche, scheinbar gesündere Nahrung, so enthält doch in der Regel der Koth mikroskopische Speisereste, deren Gleichen von den Verdauungssäften bewältigt werden.

Taf. I. Fig. XVII. zeigt z. B. die Bestandtheile meiner mit Wasser

verdünnten Excremente, die ich in gesundem Zustande und bei gewöhnlicher Lebensweise entleert hatte. *a* ist ein Stärkemehlkorn, dessen Oberfläche im Focus steht und dessen concentrische Schichtung deshalb in die Augen fällt. *b c* sind andere Stärkemehlkörner, die tiefer liegen und daher beinahe wie Oeltropfen aussehen, *d*, *e*, *f* sind verholzte Oberhautzellen und Netzgefäße der Pflanzennahrung, *g* eine Muskelfaser des verzehrten Fleisches, die nur heller und farbloser geworden, *h* eine andere, die in quere Bruchstücke zerfallen ist, *i*, *k*, *l* Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, *m* Epithelialblättchen der Aftergegend, *n* Gallenklümpchen und *o* zahlreiche kleine Molecüle.

§. 491. Man besitzt noch keine größere durchgeführte Reihe von Excrementalanalysen. Berzelius, der den Koth eines mit Brot und gemischten Speisen ernährten Arbeiters untersuchte, fand Wasser (75 %), Galle (0,9 %), Eiweiß (0,9 %), Extractivstoffe (27 %), Salze (1,2 %), unlösliche Speisereste (7 %), Schleim, Gallenharz, Fett und andere thierische Verbindungen (14 %). Zucker kann noch nach pflanzlicher Nahrung vorkommen. Die elementaranalytische Zusammensetzung der Excrementmassen wird uns in der Betrachtung der chemischen Ernährungserscheinungen beschäftigen.

Darmgase. §. 492. Die Selbstzersetzung, in welche die Speisen im Nahrungscanal zerfallen, kann sich durch zweierlei Nebenverhältnisse, die Veränderung der in dem Darm enthaltenen Luftarten und die bisweilen vorkommende Schimmelbildung kund geben.

§. 493. Der schaumige Speichel enthält eine gewisse Menge von Luft mechanisch gebunden. Eigene Schluckbewegungen führen nicht selten größere Massen in den Magen hinab. Die in diesem enthaltenen Gase besitzen aber nicht mehr die Mischung der reinen Atmosphäre. Sie führen mehr Kohlensäure, weniger Sauerstoff, etwas weniger Stickstoff und in seltenen Fällen noch geringe Mengen von Wasserstoff. Der Grund dieser Erscheinung liegt in zweierlei Verhältnissen. Wir werden später sehen, daß die mit dem Blute in mittelbare Berührung gekommene Atmosphäre Sauerstoff abgiebt und Kohlensäure aufnimmt. Die gegohrenen Getränke und die in dem Magen selbst eingeleiteten Gährungserscheinungen der Kohlenhydrate, vorzüglich die Erzeugung der Buttersäure, können Kohlensäure und Wasserstoff frei machen. Die durch den Magensaft bedingte Auflösung der dichten Eiweißkörper liefert keine Gase. Sie fordert auch nicht die Anwesenheit freier Atmosphäre, die für manche Gährungsverhältnisse unerläßlich ist.

§. 494. Der Dünndarm enthält bedeutend mehr Kohlensäure, weniger Stickstoff, geringe Mengen oder gar keinen Sauerstoff und beträchtliche Quantitäten von Wasserstoff. Die in ihm fortgesetzte Gährung der Kohlenhydrate erklärt diese Mischung in hinreichendem Maaße.

§. 495. Ein mehr oder minder bedeutender Kohlenwasserstoffgehalt unterscheidet die Luft der dicken Gedärme von der der dünnen. Schwefelwasserstoff und der Riechstoff der Excremente sind in der Regel den

Blähungen beigemengt. Die Anwesenheit des Kohlenwasserstoffes deutet darauf hin, daß nicht genug freier Sauerstoff vorhanden war, um allen Kohlenstoff in Kohlensäure umzuwandeln, daß eine gewisse Menge von Wasser oder anderen wasserstoffhaltigen Substanzen zerlegt werden mußte, damit ein Theil der Kohle in eine gasförmige Verbindung übergehe. Das Ammoniak, welches die Zersetzung der stickstoffhaltigen Körper frei machte, das sich aus der veränderten Galle ebenfalls entwickeln kann, wird größtentheils an andere Stoffe, vorzüglich an schwefelsaure Magnesia gebunden erscheinen.

Schimmelbildung im Nahrungscanal.

§. 496. Gährende Mischungen, die eine freie, saure Reaction darbieten, begünstigen die Vermehrung der verschiedenartigsten Schimmelbildungen in hohem Grade. Man trifft diese daher auch im Laufe des Nahrungscanales häufig an. Der saure Magensaft kann ihre Entwickelung von vorn herein möglich machen. Die saure Gährung der Kohlenhydrate oder eine krankhafte Säureerzeugung greifen häufig als Begünstigungsglieder ein. Infusorien kommen im Ganzen seltener zum Vorschein.

Die schleimigt erdigen Massen, welche den unteren Theil der Zahnkrone häufig überziehen, enthalten eigenthümliche, gegliederte Fäden, die dem Pflanzenreiche vielleicht angehören, und bewegliche, vibrionenähnliche Geschöpfe. Das Erbrechen führt nicht selten jene eigenthümlichen vegetabilischen Schmarotzer, die man mit dem Namen Sarcina ventriculi (Taf. II. Fig. XVIII.) bezeichnet hat. Hefeschimmel (Taf. II. Fig. XIX.), Hygrocrocisarten und andere Fadenpilze können in allen Theilen des Nahrungscanales, vorzüglich der Pflanzenfresser angetroffen werden.

Einsaugung.

Einsaugung und Aufsaugung.

§. 497. Der poröse Bau der thierischen Gewebe führt zu den mannigfachsten Wechselwirkungen der Körpersäfte und der mit den Organen in Berührung kommenden Flüssigkeiten. Eigenthümliche Begünstigungsmittel machen es möglich, daß fremdartige Lösungen in reichlichstem Maaße aufgenommen oder, wie man sich ausdrückt, eingesogen, absorbirt werden. Die organischen Mischungen können die zur Diffusion nöthige Lösung fester Stoffe vorbereiten. Dieser durch die eigenen Säfte eingeleitete Uebergang heißt die Aufsaugung oder Resorption.

Uebergang in das Blut oder die Lymphe.

§. 498. Alle Erscheinungen der Art führen die ihnen ausgesetzten Verbindungen dem Blute zu. Die Lösungen gelangen zunächst in die die Gewebe durchtränkende Ernährungsflüssigkeit. Sie können von da in die Blutmasse unmittelbar übertreten. Gewisse Nebenzwecke fodern

es aber, daß sie zuvor häufig genug in die Lymphe gelangen, mit dieser in den Saugadern oder den Lymphgefäßen weiter fließen und erst später dem Blute beigemengt werden. Man muß daher den unmittelbaren und den mittelbaren Uebergang in die Blutmasse, den Uebertritt in das Blut und den in die Lymphe, so sehr es angeht, zu unterscheiden suchen.

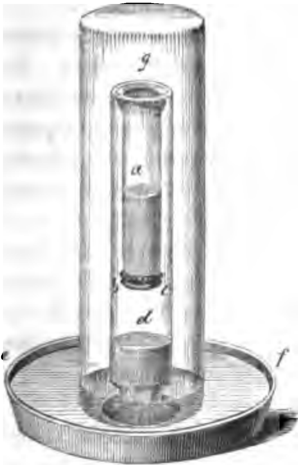
Milchsaft. §. 499. Die durch die Verdauung verflüssigten Nahrungsmittel bilden eine Hauptquelle der Einsaugungserscheinungen. Die Saugadern des Nahrungscanales nehmen häufig die in den Speisen enthaltenen Fettkörper vorzugsweise auf. Da sich die Oeltropfen in der Lymphe emulsionsartig vertheilen, da diese ein milchartiges Aussehen aus diesem Grunde gewinnt, so nennt man auch die zur Verdauungszeit veränderte Lymphe den Milchsaft oder den Chylus, und die von dem Darmcanale, vorzüglich dem Dünndarme ausgehenden Saugadern die Milch-, die Milchsaft- oder die Chylusgefäße. Diese aus älteren Zeiten stammende Unterscheidung fußt jedoch auf bloßen äußeren Nebenverhältnissen. Die Saugadern der dünnen Gedärme erfreuen sich nur des Vorzuges, daß sie häufiger, als andere, Fette aufzunehmen Gelegenheit haben. Ihr Inhalt stimmt dagegen mit der übrigen Lymphe zur Fastenszeit überein. Können andere Lymphgefäße Fett einsaugen, so führen sie ebenfalls Milchsaft. Man sieht dieses z. B. an den Lymphgefäßen der dicken Gedärme, wenn eine fettreiche Fleischbrühe durch den After eingeführt worden.

Einsaugung tropfbar flüssiger Körper. §. 500. Da die Einsaugung auf den Porositätsverhältnissen der das Blut und die Lymphe abschließenden Gefäßwandungen beruht, so wäre es möglich, daß nicht bloße chemische Lösungen, sondern auch dichte Körper von sehr geringem Umfange ein- oder austräten. Diese müßten nur kleiner, als die Spalträume jener Begrenzungswände ausfallen. Man hat zwar allerdings hin und wieder angenommen, daß Blutkörperchen, Indigotheilchen oder feiner Kohlenstaub ohne Weiteres durchgehen. Genauere Beobachtungen streiten jedoch gegen diese Vorstellungsweise. Man kann sich denken, daß sehr kleine, mit scharfen Ecken versehene Kohlenstückchen unter dem Einflusse der von dem Darm gelieferten Druckkräfte in Blutgefäße zufälliger Weise eingestoßen und von dem kreisenden Blute fortgeschwemmt werden. Dieser Vorgang wird aber schon an und für sich zu den Seltenheiten gehören. Die regelrechte Einsaugung wird auf ihm nicht fußen.

§. 501. Wir werden in der Folge sehen, daß die Porosität der thierischen Häute unter den mannigfachen Nebenverhältnissen zu wechseln pflegt. Die Erschlaffung der Begrenzungswände führt wahrscheinlich zu größeren Spalträumen. Diese können unter dem Einflusse eines stärkeren Druckes erweitert werden. Man vermag sich daher zu denken, daß solche außerordentliche Nebenverhältnisse den Austritt von Blutkörperchen oder von anderen sehr kleinen Gebilden möglich machen. Diese ungewöhnlichen Bedingungen, dieser erste Schritt zur einfachen Zerreißung gehört aber zu den seltenen Ausnahmen, die meist nur in Krankheitsfällen auftreten.

§. 502. Filtrirversuche können mit Leichtigkeit überzeugen, wie fein die thierischen Häute unter regelrechten Verhältnissen zusammengewebt sind. Schloß ich eine Röhre *a*, Fig. 91, mit der Wand *b c* des Milchbrustganges des Pferdes, schichtete rothes Serum *a* des Menschen $^2/_3$ Meter hoch auf und schloß das Ganze in dem Wasserdampfapparate *efg* ein, so drang kein Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXIV. bis XXVI.), sondern nur Flüssigkeit durch. Filtrirpapier, das frisch gefällte kleesaure Kalkerde zurückhielt, ließ schon Milchkörperchen (Taf. IV. Fig. LXX. a.) bei einer Druckhöhe von 1,4 Cent. durchgehen, während die abgewaschene Dünndarmschleimhaut des Menschen das gleiche Ergebniß bei einer 10 Mal so langen Milchsäule noch nicht lieferte.

Fig. 91.



§. 503. Wir haben §. 130. gesehen, daß mit Wasser durchtränkte Häute Flüssigkeiten, wie Quecksilber oder Oel, welche die wässrigen Lösungen nicht anziehen, zurückweisen. Wir begegnen daher hier Hindernissen, die sich in mancher Beziehung mit denen, welche zu große feste Körper darbieten, vergleichen lassen. Man hat zwar ebenfalls geglaubt, daß Quecksilberkügelchen der grauen Salbe in das Blut unmittelbar vordringen könnten. Spätere Erfahrungen sind jedoch dieser Angabe entgegengetreten. Die Verhältnisse der Fette werden uns sogleich ausführlicher beschäftigen.

§. 504. Wir wollen nun die Einsaugung der Nahrungsstoffe zuerst betrachten und die eigenthümlichen Verhältnisse, welche die Körperlymphe darbietet, später anreihen.

Haben wir eine größere Menge von Brunnenwasser, das $^1/_{20}$ % festen Rückstandes enthält (§. 338.), in den Magen eingeführt, so wird dieses zwar manche ihm begegnende organische Stoffe auflösen, nichts desto weniger aber noch bedeutend verdünnter, als die benachbarten Körpersäfte bleiben. Der erste Diffusionsstrom trifft dann die die Magenhäute durchtränkenden Ernährungs- und Absonderungsflüssigkeiten. Da aber diese die Wände der Blut- und der Saugadern berühren, so muß sich der Einfluß auf Blut und Lymphe binnen Kurzem geltend machen. Einsaugung des Trinkwassers.

Der durchschnittliche Wassergehalt des Menschenblutes beträgt 79 % und der der Lymphe ungefähr 93 bis 94 %. Beide Flüssigkeiten werden daher concentrirter, als das in größeren Mengen genossene Trinkwasser ausfallen. Sie müssen sich auf Kosten desselben zu verdünnen suchen. Das Blut, das mehr festen Rückstand führt, wird hierbei kraftvoller, als die schon an und für sich wässrige Lymphe durchgreifen.

Nutzen der Blutbewegung für die Einsaugung.

§. 505. Lassen wir den nicht zu bestimmenden Einfluß, den die Beschaffenheit der Gefäßwände und der übrigen Zwischengewebe ausüben kann, bei Seite, so muß sich der Diffusionsproceß so lange fortsetzen, bis sich die Dichtigkeiten der beiderseitigen Flüssigkeiten ausgeglichen haben (§. 134.). Bliebe Alles in Ruhe, so würden hierdurch das Blut und die Lymphe der Magenwände beträchtlich verdünnt und der Ueberrest des Trinkwassers in entsprechendem Grade concentrirter werden. Da sich aber das Blut und die Lymphe fortbewegen, so werden neue Theile der dichteren Mischungen jeden Augenblick der Einwirkung preisgegeben. Diese Einrichtung, die sich auch für die übrigen Einsaugungsverhältnisse geltend macht, unterstützt daher den Uebergang der Flüssigkeiten in wesentlicher Weise.

§. 506. Wir werden später sehen, daß sich die Lymphe langsamer als das Blut bewegt. Die Begünstigung, die der Massenwechsel liefert, wird daher auch für sie kleiner ausfallen. Es erklärt sich aus diesem Allen, weshalb die größten Mengen des Trinkwassers in das Blut übertreten. Die procentigen Mengen des festen Rückstandes der Blutmasse können dann auch sichtlich abnehmen.

Einsaugung der übrigen Getränke.

§. 507. Getränke, wie Kaffe, Thee, Limonade oder Wein, liefern ähnliche Erscheinungen. Der Weingeist und der Aether gehen mit Leichtigkeit in das Blut über. Ein Theil von ihnen verdunstet dann später in den Lungen und an anderen freien Oberflächen.

Einsaugung concentrirter Salzlösungen.

§. 508. Nimmt ein Mensch eine größere Menge eines leicht löslichen Körpers, z. B. von Kochsalz, zu sich, so läßt sich der Gang der Erscheinungen ziemlich vollständig voraussehen. Die Mundflüssigkeiten und der in reichlichem Maaße hervorströmende Magensaft (§. 434.) werden anfangs möglichst viel auflösen. Wir erhalten daher zuerst eine gesättigte Kochsalzlösung, die mithin jedenfalls dichter, als die Lymphe und die Ernährungsflüssigkeit ausfällt. Sie wird zunächst Kochsalz abgeben und Wasser aufnehmen. Ist noch eine gewisse Salzmenge ungelöst geblieben, so sucht jenes nun eine concentrirte Salzlacke hervorzubringen. Derselbe Gang wiederholt sich später, bis endlich die concentrirte Salzlösung allein vorhanden ist. Die fortwährende augenblickliche Wasserentziehung kann Durstempfindung zur Folge haben.

Lassen wir wiederum den unbekannten Einfluß der die Diffusion vermittelnden Scheidewände unberücksichtigt, so wird endlich ein Zeitpunkt eintreten, in welchem die Kochsalzlösung wenig oder gar nicht auf das Blut, immer aber noch auf das Nachdrücklichste auf die Ernährungsflüssigkeit und die Lymphe wirken kann. Hat sie sich auf diesem Wege stärker verdünnt, so muß auch die lebhaftere Wechselwirkung mit dem Blute nachfolgen. Wir erhalten zuletzt ähnliche Erscheinungen, wie nach der Einfuhr des an festen Bestandtheilen so armen Trinkwassers.

§. 509. Diese rein physikalische Betrachtungsweise des Herganges reicht jedoch nicht hin, alle in dem lebenden Körper vorkommenden Erscheinungen befriedigend zu erklären. Geringe Mengen von Kochsalz,

welche die gesammte Blutmasse noch keineswegs in beträchtlichem Grade entwässern können, führen schon zu merklichen Durstgefühlen. Diese Thatsache hängt vielleicht damit zusammen, daß jene Empfindung von den örtlichen Einflüssen, welche die Blutmasse auf die Magennerven ausübt, herrühren kann. Größere Mengen von Kochsalzlösungen, die mehr Kochsalz als das Blut selbst führen, erzeugen nicht selten Durchfall, weil wahrscheinlich die reizende Wirkung der Salzlacke die Absonderungswerkzeuge und die Wurmbewegungen des Nahrungsschlauches übermäßig anregt. Obgleich sich die purgirenden Eigenschaften bedeutender Quantitäten des Glauber- oder des Bittersalzes auf ähnlichem Wege theilweise erklären ließen, so ist man doch noch weit entfernt, die Ursachen der Wirkung der verschiedenartigen Abführmittel irgendwie genügend anzugeben.

§. 510. Die Mundflüssigkeiten führen ungefähr 99 % und der in reichlicherer Masse hervortretende Magensaft 98 % Wasser. Mögen sie nun Salze, Dextrin, Zucker, Eiweißkörper oder andere Verbindungen aus den Speisen ausgezogen haben, so werden sie doch in der Regel mehr Wasser, als das Blut und oft selbst als die Lymphe enthalten. Es erklärt sich hieraus, weshalb die verdünnteren Lösungen schon im Magen selbst zu verschwinden pflegen (§. 454.). Es wäre möglich, daß die saure Beschaffenheit des Magensaftes (§. 145.) gewisse Einflüsse in dieser Beziehung geltend machen könnte. Es fehlt jedoch noch an hinreichend sicheren Diffusionsversuchen, welche die Frage selbst nur theoretisch entscheiden ließen. Begünstigung der Einsaugung durch die Verdauungsflüssigkeiten.

§. 511. Hat der Magen, was er nach den eben dargestellten Verhältnissen zu leisten vermag, dem Blute und der Lymphe mitgetheilt, so wird ein zähflüssiger Rest, der größere Widerstände bereitet, übrig bleiben. Wir haben auch schon §. 455 gesehen, daß ein Theil dieser Masse in den Zwölffingerdarm mit dem Speisebrei übergeht.

§. 512. Eine Reihe neuer wässriger Lösungen kommt in dem Duodenum hinzu. Der Darmsaft führt ursprünglich nur 4 bis 5 % und wahrscheinlich oft noch weniger festen Rückstandes. Der Bauchspeichel hat 98 bis 99 % und die Galle 87 % Wasser. Wir stoßen daher hier auf neue Verdünnungsquellen. Die hinübergeführten wässrigen Lösungen werden sich dieser Flüssigkeiten bemächtigen. Die Einsaugung kann abermals beginnen. Die mit Blutgefäßen und Saugadern reichlich versehenen Darmzotten vergrößern zugleich die wirksame Oberfläche. Die Wurmbewegung unterstützt den Wechsel der Aufnahmsflüssigkeiten. Die Größe des Einflusses wird natürlich von den wechselseitigen relativen Werthen der Massen und der Zeiten abhängen müssen.

§. 513. Da der Magensaft die Fette unberührt läßt (§. 438.) und sie sogar, wenn sie von Eiweißhüllen umgeben waren, frei macht und gleichsam aufschließt, so könnte die Einsaugung derselben möglicher Weise schon im Magen beginnen. Man findet in der That nicht selten, daß die Lymphgefäße des Magens säugender Kaninchen eine weiße Flüssigkeit Einsaugung der Fette.

einschließen. Hat dagegen der Erwachsene beträchtliche Mengen von Fett zu sich genommen, so pflegen erst die Saugadern des Dünndarmes auffallende Quantitäten eines weißen Milchsaftes einzuschließen. Die Saugadern des Magens dagegen enthalten größtentheils gelbliche Lymphe. Einzelne von ihnen stellen höchstens weißere Streifen dar.

§. 514. Die Einsaugung der Fette (Taf. II. Fig. XXVII.) ist noch nicht genügend aufgeklärt worden. Da wässrige Lösungen die Darmhäute durchtränken, so kann man nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen nicht annehmen, daß die flüssigen Fette in das Blut oder die Lymphe auf dem Wege der einfachsten Diffusion übergehen. Wäre dieses der Fall, so ließe sich erwarten, daß sie schon im Magen eingesogen würden. Größere Mengen genossener Oele könnten dann auch kaum zum After unverändert hervortreten. So begründet übrigens diese Bedenken erscheinen, so müssen wir doch bemerken, daß manche Drüsen flüssige Fette absondern, obgleich ihre Wände mit wässrigen Lösungen durchtränkt sind.

§. 515. Gingen alle genossenen Fette in Fettsäuren und in das im Wasser lösliche Glycerin über, so wäre der Hergang leichter zu erklären. Wir haben schon in der Verdauungslehre gesehen, daß sich allerdings Fettsäuren mit den in den Nachbarflüssigkeiten vorhandenen Alkalien zu verseifen vermögen. Das alkalische Blut und die ebenfalls alkalische Lymphe würden deshalb die Aufnahme begünstigen. Der vorzugsweise Uebergang der Fette in den Milchsaft und die später zu betrachtenden mikroskopischen Bestandtheile des Letzteren scheinen eher gegen als für diese Auffassung zu sprechen.

§. 516. Wir haben §. 460 gesehen, daß die genossenen Fettkörper möglichst fein im Dünndarme vertheilt werden. Bringt man kleine Oeltropfen in eine Eiweißlösung, so umgiebt sich jeder von ihnen mit einer Eiweißschicht, die man auch mit dem Namen der Haptogenmembran bezeichnet hat. Wenn die schleimigten oder eiweißhaltigen Massen, in denen die kleinsten Fetttröpfchen zuletzt zerstreut waren, eine ähnliche Wirkung ausübten, so hätten wir eine aus wässrigen Verbindungen bestehende Schutzhülle. Die sehr kleinen Fettmolecüle könnten um so eher auf dem Diffusionswege weiter dringen.

§. 517. Die Einsaugung der Fette läßt sich übrigens unter dem Mikroskope in glücklichen Fällen unmittelbar verfolgen. Denken wir uns, Fig. 92 stelle die Hauptbestandtheile einer Darmzotte schematisch dar,

Fig. 92.



so haben wir in *a* das Cylinderepithelium, dessen Pallisadenzellen *b* das Ganze bekleiden. *c* ist eine gleichartige Begrenzungshaut, auf die das übrige Grundgewebe der Zotte nachfolgt. *d* bezeichnete die Blutgefäße und *e* die in der Mitte aufsteigenden Saugadern.

Man findet häufig, daß eine

große Menge der fein vertheilten Fetttropfen der Außenfläche des Cylinderepitheliums, das zur Verdauungszeit nicht abgeworfen, sondern nur in Folge der Maceration oder bei heftigen Durchfällen, der Ruhr und vorzüglich der Cholera losgestoßen wird, innig anliegt. Die Spitze der Zotte kann schon deswegen bei durchfallendem Lichte dunkel und bei auffallendem grauweiß erscheinen. Die einzelnen Fetttröpfchen dringen dann nach den Angaben einzelner Forscher in das Innere der Epithelialcylinder *b*, Fig. 92, ein und bahnen sich später einen Weg nach den in der Zotte befindlichen Gefäßröhren.

Fig. 92 zeigt unmittelbar, daß sie hierbei den Blutgefäßen *d* früher, als den in der Mitte befindlichen Saugaderstämmen *e* begegnen. Da nur die Hauptmasse der Fette in den Milchsaft übertritt, so müssen sie von dem Blute größtentheils zurückgewiesen oder von ihm an den Milchsaft auf der Stelle abgegeben werden.

§. 518. Die Fig. 92 gezeichnete Anordnung erinnert gewissermaaßen an die später zu erläuternden Verhältnisse der absondernden Drüsen. Diese enthalten eine Menge von Drüsengängen, in deren Innerem die Absonderung zum Vorschein kommt, während die den Canal von außen umspinnenden Blutgefäße die hierzu nöthige Mutterflüssigkeit zuführen. Man kann sich vorstellen, daß etwas Aehnliches für die Bildung des Milchsaftes wiederkehrt. Dieser bestände daher aus keiner einfachen Durchtrittsflüssigkeit, sondern aus einer Mischung, die erst unter dem Einflusse des Blutes zu Stande käme. Die Unterbindung der Blutgefäße soll auch die Bildung eines regelrechten Milchsaftes nach Fenwick unmöglich machen.

§. 519. Obgleich sich die Einsaugung der verflüssigten Nahrungsstoffe und der sich zu ihnen hinzugesellenden Beimischungen längs der dicken Gedärme fortsetzt, so stoßen wir doch hier nur auf ähnliche Vorgänge, wie sie in dem Magen und den dünnen Gedärmen auftreten. Die Saugadern können auch hier wässrige Lösungen oder Fette aufnehmen. Weißer Milchsaft wird aber hier unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht gebildet. Einsaugung in den dicken Gedärmen.

§. 520. Die Einfuhr der Nahrung verleiht dem Darme die Eigenthümlichkeit, fremde flüssige Verbindungen verhältnißmäßig am Häufigsten aufzunehmen. Die Einsaugung kann aber in jedem anderen Körpertheile mit mehr oder minder günstigem Erfolge wiederkehren.

§. 521. Da die Oberhaut lufttrocken ist und tropfbare Flüssigkeiten, ehe sie durchweicht wurde, schwerer durchtreten läßt (§. 122.), so wird die schnellere Aufnahme erst nach der vollständigen Durchtränkung der Epidermis beginnen können. Es hängt daher von der Zeit, die ein Mensch in einem Wasserbade verweilt hat, ab, ob und wie viel von den aufgelösten Verbindungen in die Körpersäfte übergeht. Einsaugung an der Haut.

§. 522. Theile, die mit zarteren Oberhäuten versehen sind, wie die Bindehaut des Auges, lassen die Einsaugung rascher und leichter zu Stande kommen. Eine genügende vergleichende Untersuchung des Einsaugung an anderen Oberflächen.

Verhaltens, welches die einzelnen Schleimhäute in dieser Beziehung darbieten, mangelt noch gänzlich. Die unvollständige Wirkung, welche die in die Luftröhrenverzweigungen eingeführten Lösungen bisweilen darbieten, deutet darauf hin, daß hier Unterschiede, die sich mit Sicherheit nicht voraussagen lassen, vorkommen werden.

§. 523. Das endermatische Verfahren bemüht sich, die Schwierigkeiten, welche die trockene Oberhaut entgegensetzt, durch die Entfernung derselben aufzuheben. Man läßt z. B. zuerst eine spanische Fliege eine Blase ziehen, entfernt die von der abgeschiedenen Flüssigkeit emporgehobene Epidermis und streut Heilmittel, wie Morphin, Veratrin, deren Wirkung durchgreifen soll, auf die feuchte Wundfläche unmittelbar auf.

Aufsaugung fester Ablagerungen.

§. 524. Feste Absätze, wie entzündliche Ausschwitzungen, Eiterablagerungen, die sich zwischen die inneren Gewebtheile eingedrängt haben, werden nicht selten allmählig verflüssigt und aufgesogen. Die Natur scheitert aber häufig genug in diesem durch die Alkalescenz und den Salzreichthum der Nachbarsäfte begünstigten Streben. Ein dichter Rückstand, an dem oft noch Jahre lang gefeilt oder geätzt wird, bleibt deshalb noch in vielen Fällen hartnäckig zurück. Fremde Körper, wie Nadeln, Messerspitzen oder Kugeln, die zufällig eingedrungen, leisten eben so häufig siegreiche Widerstände. Neue Ausschwitzungen kapseln sie nicht selten rings herum ein. Es kann auch vorkommen, daß sie durch die weicheren Gewebe allmählig weiter geschoben werden.

Uebergang in Blut und Lymphe.

§. 525. Es ergiebt sich aus dem früher Dargestellten, daß die eingesogenen Stoffe unmittelbar in das Blut, zuerst in den Milchsaft oder die Lymphe oder endlich in beide Flüssigkeiten zugleich übergehen können. Ein großer Theil dieser Wechselverhältnisse wird nicht sowohl von der Natur der dargebotenen Verbindungen, als von den augenblicklichen Dichtigkeitsgraden ihrer Auflösung und selbst den Orten, an denen sie eingesogen werden, abhängen. Viele Salze, vorzüglich der Metallverbindungen, der Zucker, die Milchsäure, manche Eiweißkörper können daher ein schwankendes Verhalten darbieten. Die wenigen bis jetzt vorliegenden Erfahrungen scheinen jedoch anzudeuten, daß der Uebergang einzelner Stoffe von ihrer chemischen Beschaffenheit wesentlich abhängt.

Der Weingeist und die Farbestoffe, z. B. der Färberröthe oder der Curcuma gehen eher in das Blut, als in den Milchsaft über. Die Letzteren scheinen sogleich leichter in der Lymphe, als in dem Milchsafte vorzukommen. Wir haben schon §. 499 gesehen, daß die Fette von den Saugadern in reichlichster Menge aufgenommen werden und daß das milchigte Aussehen des Chylus von ihnen vor Allem abhängt. Es fehlt daher auch in Hungernden oder nach dem Genusse von Nahrungsmitteln, die kein Fett enthalten und aus denen sich keine reichlichen Fettmassen im Laufe des Verdauungsumsatzes erzeugen können.

Einsaugung betäubender Gifte.

§. 526. Betäubende Gifte, wie Strychnin, tödten weit rascher, wenn der Kreislauf und mithin auch der Uebergang in die Blutmasse frei gegeben ist. Hat man dagegen die Aorta eines Kaninchens dicht

unter dem Abgange der beiden Nierenschlagadern unterbunden und wenigstens den größten Theil des Blutlaufes in den Hinterbeinen gehemmt, so kann dessenungeachtet das Strychnin, das in eine Schenkelwunde eingebracht worden, Krampfansfälle und selbst den Tod herbeiführen. Der Erfolg kommt nur später und bisweilen auch unvollkommener zum Vorschein.

Grundbestimmung der Lymphe.

§. 527. Da der Milchsaft und die Lymphe dem Blute früher oder später beigemischt werden, so drängt sich die Frage, weshalb die Natur die Saugadern neben den Blutgefäßen geschaffen hat, von selbst auf. Die Betrachtung des Verlaufes der Lymphgefäße kann uns für die Beantwortung dieses Problemes am Besten vorbereiten.

Saugaderanfänge.

§. 528. Die Saugaderanfänge der dünnen Gedärme wurzeln vor Allem in den Darmzotten. Stellt man die Beobachtung zur Verdauungszeit an, so sieht man hier häufig mit weißem Milchsafte gefüllte Centralgefäße, die zuletzt keulenförmig anzuschwellen scheinen. Glücklichere Erfahrungen zeigen jedoch Gabelverästelungen und einzelne wechselseitige Verbindungen der Anfangsröhren. Setzen die später zu betrachtenden Klappen keine durchgreifenden Hindernisse der nach der Peripherie gerichteten Einspritzung entgegen, so gelingt es, die reichlichsten Anfangsnetze z. B. an der Leberoberfläche des Pferdes zur Anschauung zu bringen. Diese Erfahrungen sind jedenfalls sicherer, als die mit freiem Auge wahrnehmbaren blinden Wurzelanfänge der Saugadern, welche einzelne ältere und neuere Schriftsteller beschrieben haben. Man muß jedoch zugeben, daß es noch so gut als gänzlich unbekannt ist, wie die Saugadern in den meisten Körpertheilen zu beginnen pflegen.

Fernerer Verlauf der Saugadern

§. 529. Dem sei wie ihm wolle, so stoßen wir dann auf fortlaufende Stämme, die sich entweder zu dichteren Netzen wechselseitig vereinigen oder wenigstens mit beträchtlichen Querästen unter einander verbinden. Sie gelangen später zu den einzelnen Saugaderdrüsen, d. h. zu Verknäuelungen von Lymphgefäßen, zwischen denen sich zahlreiche Blutgefäßstämme ausbreiten.

§. 530. Es ereignet sich hin und wieder, daß einzelne Milchsaftgefäße des Gekröses oder anderer Körpertheile in untergeordnete Blutaderäste unmittelbar münden. Der Milchbrustgang und der Kopfgang bilden aber immer die vorzüglichsten Abzugscanäle, die den Milchsaft und die Lymphe in die Blutmasse überführen.

§. 531. Die von den Beinen, dem Becken und dem Unterleibe heraufkommenden Saugadern sammeln sich zunächst in die Milchsaftcysterne, *a*, Fig. 93 (s. folg. Seite). Diese geht dann in den Milchbrustgang *b*, der noch die übrigen Saugadern des Unterleibes und des größten Theiles der Brust und einzelne von den Armen kommende Zweige aufnimmt, über. Er bildet den stärksten Saugaderstamm und mündet zuletzt in die Vereinigung *e* der linken Drossel-, *c*, und der linken Schlüsselbeinblutader *d*.

Der Kopfstamm *f*, Fig. 93, in den sich die Saugadern des Kopfes,

des Halses und zum Theil der Arme ergießen, *g*, geht in den gemeinsamen Stamm *k* der rechten Drosselblutader *h* und der rechten Schlüsselbeinvene *i* über. Er ergänzt gewissermaaßen die Lücken, welche der Milchbrustgang übrig gelassen hat.

Fig. 93.



Abschluß des Milchsaftes von der Leber.

§. 532. Es ergiebt sich hieraus, daß der Milchsaft den durch die Leber führenden Weg umgehen kann. Die Blutadern des Magens und des Darmes münden in die Pfortader. Diese verzweigt sich aber wiederum in der Lebermasse. Diejenigen Nahrungsstoffe, welche in das Blut übertreten, gelangen daher in jene zur Gallenbereitung bestimmte Drüse. Der Milchsaft dagegen geht neben ihr vorbei. Er vermischt sich mit dem Theile des Venenblutes, das kurz darauf in die rechte Herzhälfte und von hier aus in die Lungen vordringt.

§. 533. Da das Pfortaderblut zur Gallenbereitung wesentlich beiträgt, so können Stoffe, die schon von dem Blute aufgenommen worden, mit der Galle in den Darm von Neuem zurückkehren. Zucker, Fette, Eiweißkörper unterliegen vielleicht dieser Kreisbewegung. Man darf jedoch mit Recht vermuthen, daß der größere Theil der in das Pfortaderblut aufgenommenen Stoffe in den Lebervenen weiter läuft und in der unteren Hohlvene dem rechten Herzen entgegeneilt.

Nutzen der Lymphbildung für die Blutmischung.

§. 534. Der Hauptzweck der Lymphe und des Milchsaftes scheint in der Sicherung der regelrechten Blutmischung zu liegen. Wenn das Blut die Haargefäße der Körpertheile durchsetzt, so läßt es eine Mischung, die verdünnter als das Blutwasser ist, die sogenannte Ernährungsflüssigkeit ausschwitzen. Diese durchtränkt die Gewebe, tritt ihnen die nöthigen Stoffe ab und nimmt dafür vorläufig unbrauchbarere Verbindungen auf. Wir erhalten auf diese Weise einen wässerigeren Rückstand, der arm an nützlichen und reich an augenblicklich unpassenden Körpern ausfällt. Wäre er in die Blutmasse übergegangen, so hätte er diese leicht verändern können. Die Saugadern bilden wahrscheinlich zweckmäßige Abzugscanäle. Ihr Inhalt kann sich durch die allmählige Diffusion mit dem Blute nach und nach verbessern. Eine Hauptrolle ist in dieser Beziehung den Lymphdrüsen zugewiesen.

§. 535. Die Thatsache, daß die Fette zu einem großen Theile in den Milchsaft übergehen, hängt wahrscheinlich mit ähnlichen Verhältnissen zusammen. Während der regelrechte Chylus die zahlreichsten Fettmolecüle darbietet, fehlen diese in der Blutmasse als mechanische Gemeng-

theile. Der Milchsaft führt daher wahrscheinlich das Fett in einem anderen Zustande, als es das Blut vermöchte, zu. Es wird nicht zur Gallenbereitung verwendet, gelangt hingegen unmittelbar nachdem es dem Einflusse des Blutes Preis gegeben worden, in die Lungen, in den Athmungsheerd, dem frischer Sauerstoff fortwährend zufließt.

Verschiedenheit der Lymphharten.

§. 536. Da der Umsatz der Ernährungsflüssigkeit, der die Hauptquelle der Lymphbereitung bildet, mit der Verschiedenheit der Blutmassen, der Porosität der Blutgefäßwände und der Gewebtheile der einzelnen Organe wechselt, so versteht es sich von selbst, daß die Beschaffenheit der Lymphe mit der Mannigfaltigkeit der Körpertheile, aus denen sie kommt, abweichen wird. Der Unterschied muß in den Hauptstämmen in den Hintergrund treten, weil sich hier schon die Flüssigkeiten vieler Ursprungsquellen vermischt haben und der Einfluß der Saugaderdrüsen dazwischen getreten ist.

Beschaffenheit der Anfangslymphe

§. 537. Ein eigenthümliches Leiden verschafft bisweilen die Gelegenheit, menschliche Lymphe kurz nach ihrem ersten Entstehen zu sammeln. Ist ein Saugaderstamm der Zehen oder des Unterschenkels durchschnitten worden, so ereignet es sich, daß die Wunde nicht zuheilt, daß Lymphe zur Oeffnung fortwährend herausströmt. Nur durchgreifende Eingriffe, wie das Ausschneiden der ganzen Gegend und das nachfolgende Brennen mit dem Glüheisen können bisweilen zur Vernarbung führen.

§. 538. Die klare gelbliche bis grünlichgelbe Flüssigkeit gerann nach einiger Zeit an der Luft in den von J. Müller und Nasse, Marchand und Colberg gemachten Beobachtungen. Die Mischung war hier aus einem Saugaderstamme des Fußes ausgeflossen. Der farblose Kuchen, der sich innerhalb des Lymphserum erzeugte, schloß verhältnißmäßig viele Lymphkörperchen ein. Die gelbliche Flüssigkeit, die ich aus einer Saugaderwunde des oberen Dritttheiles der Vorderseite des Unterschenkels unmittelbar neben der Schienbeinkante erhielt, gerann fast gar nicht. Einzelne Mengen derselben, die hermetisch verschlossen aufbewahrt wurden, hatten ihre flüssige Beschaffenheit noch nach 24 Stunden beibehalten. Die mikroskopische Untersuchung wies nur sehr wenige körnige und meist nicht vollkommen runde, sondern platte Körperchen nach. Freie größere Oeltröpfchen kamen zu keiner Zeit vor. Hatte das Ganze einige Zeit in einer luftdicht geschlossenen Pipette gestanden, so setzte sich eine sehr große Menge überaus kleiner Molecüle (*b. c.* Taf. II. Fig. XXII.) ab. Man bemerkte außerdem einzelne sparsame körnige, zum Theil platte und unregelmäßige Körperchen, *a*, Krystalle von Gallenfett, *d*, und von anderen unbestimmbaren Verbindungen, *e*. Diese Bestandtheile konnten noch ein Jahr darauf ebenfalls wahrgenommen werden.

Veränderung der Lymphe in den Saugaderdrüsen.

§. 539. Da schon die Anfangslymphe wechselt, so läßt sich sehr schwer entscheiden, welche Veränderungen die Saugaderdrüsen herbeiführen. Dazu kommt noch, daß die chemische Untersuchung die feineren Umsatzverhältnisse noch nicht verfolgen kann.

Die Anfangslymphe des Menschen enthält 3 bis 5% festen Rückstandes, während die lebende Blutflüssigkeit 9% einer ungefähren Schätzung nach zu führen scheint. Diese enthält auch beträchtlichere Mengen von Eiweiß, dagegen verhältnißmäßig weniger Salzverbindungen. Die Zusammensetzung der Lymphe scheint sich aber der der Blutflüssigkeit um so mehr anzunähern, je weiter sie fortschreitet. Man findet dann auch beträchtlichere Quantitäten von Eiweiß und vielleicht von Faserstoff, zahlreichere Lymphkörperchen, hin und wieder Zellen mit einfachen Kernen und Körperchen, die den wahren Blutkörperchen nahe stehen, wo nicht fast vollkommen gleichen. Der Inhalt des Milchbrustganges hungernder Thiere kann diese Erscheinungen am Ehesten darbieten. Es ereignet sich, daß sich die gelbliche oder weiße Masse an der Luft oder in Sauerstoffgas späterhin roth färbt.

Mikroskopische Bestandtheile des Milchsaftes.

§. 540. Der Milchsaft enthält eine große Menge sehr kleiner, wahrscheinlich fettiger Molecüle, neben denen noch einzelne Oeltröpfchen mittlerer Größe und sogenannte Chyluskörperchen, d. h. körnige Ballen, die eine Hülle und eine kernartige Masse unter dem Einflusse des Wassers häufig zeigen, vorkommen. Ihre Zahl scheint nach dem Durchtritte durch die Gekrösdrüsen zuzunehmen. Hat ein Mensch reichliche Mengen von Milch kurz vor dem Tode genossen, so kann es sich ereignen, daß der Inhalt des Milchbrustganges größere leicht zusammenfließende Oeltropfen darbietet.

Mengen des Milchsaftes u. der Lymphe.

§. 541. Man darf mit Recht vermuthen, daß das unter einem gewissen Drucke strömende Blut einzelne Verbindungen durch die porösen Gefäßwände fortwährend durchschwitzen läßt. Die Ernährungsflüssigkeit kann die passenden Stoffe an die Gewebe abgeben oder nur, wie ein Auswaschwasser, durch sie hindurchtreten. Dem sei wie ihm wolle, so werden hierbei die Saugadern beträchtliche Flüssigkeitsmengen zur Aufnahme erhalten. Bedenken wir, wie viel Flüssigkeit die Drüsen zu ihrer Thätigkeitszeit verbrauchen, während sie dagegen nur Spuren derselben in der Ruhe aussondern, so dürfen wir mit Recht schließen, daß beträchtliche Quantitäten die Abzugscanäle der Saugadern täglich durchströmen werden.

§. 542. Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, die Mengen von Milchsaft oder von Lymphe, die dem Blute in 24 Stunden beigemengt werden, auch nur annäherungsweise zu bestimmen. Die Verfahrungsarten, denen man sich zu diesem Zwecke bedient hat, lassen noch wesentliche Zweifel übrig.

§. 543. Man hat angenommen, daß die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Nahrungsmittel in den Chylus ausschließlich übergehen, weil das Blut eiweißartige Körper gleichzeitig ausschwitzen läßt und diese nicht sogleich wieder aufnehmen wird. Die Voraussetzung, die man hier zum Grunde legt, hat aber keinen sicheren Boden, weil der Speisebrei andere Modificationen stickstoffhaltiger Verbindungen zu führen pflegt.

Wir haben schon früher gesehen, daß wahrscheinlich ein Theil von ihnen in das Blut übertritt.

Wäre dieser Einwand nicht vorhanden, so ließe sich die tägliche Chylusmenge aus der Masse der eingenommenen stickstoffhaltigen Nahrungsmittel und dem Stickstoffgehalte des reinen Milchsaftes nahebei berechnen. Vierordt [14]) kam hierbei auf ungefähr 2 bis $3^1/_3$ Kilogr. für den erwachsenen Menschen und die Zeiteinheit von 24 Stunden. Eine sichere Bestimmung stößt für jetzt auf Schwierigkeiten, weil keine genauen Elementaranalysen des mit keiner Lymphe verunreinigten Milchsaftes des Menschen vorliegen, die stickstoffhaltigen Verbindungen der Nahrungsmittel ungleichwerthig sind, die nebenbei vorhandenen Fettmassen einen großen Einfluß ausüben und sich manche andere Körper, wie z. B. der Zucker oder die Salze, nicht gleichgültig verhalten werden.

§. 544. Bidder versuchte die Flüssigkeitsmenge, die aus dem angeschnittenen Milchbrustgange frisch getödteter Fleischfresser in einem gegebenen Zeitraume hervortrat, zu ermitteln. Legt man die Minute als Einheit zum Grunde, so geben Katzen 0,286 bis 0,497 Grm. und Hunde 1,662 bis 2,796 Grm. Wollte man diese Werthe auf 24 Stunden übertragen, so erhielte man 553 Grm. oder beinahe $^1/_8$ des durchschnittlichen Körpergewichts für die Katze und 3,2 Kilogr. oder $^1/_7$ bis $^1/_8$ der Körpermasse für den Hund. Die Mengen, die der Kopfgang zuleitet, müßten noch besonders in Anschlag gebracht werden. Man sieht aber leicht, daß eine solche Berechnung unsicher bleibt, weil die Lymphe in den getödteten Thieren unter anderen Verhältnissen als in den lebenden ausfließt und alle Beobachtungsfehler, die innerhalb der wenigen Minuten der Untersuchung auftreten, in der Berechnung für 24 Stunden beträchtlich vervielfältigt werden.

Lymphbewegung vermöge der Fortdauer der Einsaugung.

§. 545. Der §. 504 fgg. erwähnte Ursprung der Lymphe läßt mit Recht schließen, daß die Anfänge der Saugadern immer neue Flüssigkeitsmengen schnell aufnehmen werden. Diese dehnen zunächst die Gefäße auf das unter den gegebenen Verhältnissen mögliche Maximum aus und schieben hierauf die vor ihnen liegenden Flüssigkeitssäulen fort. Die Fortdauer der Lymphaufnahme liefert daher eine Rückenkraft, die den Milchsaft und die Lymphe dem Blute immer näher führt. Der Inhalt der Milchsaftgefäße schreitet daher wahrscheinlich zur Verdauungszeit, wenn reichliche Chylusmengen geliefert werden, rascher vorwärts, als wenn die Füllung der Saugadern des Gekröses auf die bloße, von den Ernährungsverhältnissen abhängige Lymphbereitung beschränkt bleibt.

Klappen der Saugadern.

§. 546. Betrachtet man einen mit Quecksilber oder auch nur mit einer erstarrenden Wachsmasse gefüllten Saugaderstamm, so findet man, daß gewisse in verhältnißmäßig geringen Entfernungen befindliche Einschnürungen bauchige Anschwellungen wechselseitig sondern. Fig. 94 stellt dieses aus den Saugadern der Beckenhöhle des Men-

Fig. 94.



schen in natürlicher Größe dar. Die verengten Stellen entsprechen denjenigen Punkten, an denen die Klappen im Innern angebracht sind.

§. 547. Die Fig. 95 und 96 gegebenen schematischen Abbildungen können die Mechanik, nach der die Klappen als zweckmäßige Ventile wirken, klar machen. Soll die Lymphe in regelrechter Bahn fortschreiten, so muß sie centripetal, d. h. in der Richtung von den Anfängen der Saugadern nach den Einmündungsstellen in die Venen dahinströmen. Denken wir uns, *efgh*, Fig. 95, sei eine Saugader, so sind die Taschen *ab* und *cd* so gerichtet, daß ihr freier Hohlraum *eab* oder *gcd* nach dem der Vene näher liegenden Ende *eg* sieht. Fließt nun die Lymphe, wie der in Fig. 95 gezeichnete Pfeil andeutet, centripetal fort, so drückt die Stromkraft der Flüssigkeit die Klappe *ab* und *cd* an die Wände *ef* und *gh* an. Sie schafft sich daher einen möglichst großen Durchgangsraum, *i*, Fig. 95.

Fig. 95. Fig. 96.

Will dagegen die Lymphe, wie es der in Fig. 96 angebrachte Pfeil zeigt, in centrifugaler Richtung zurücksinken, so fängt sie sich in den offenen Hohlräumen *eab* und *gcd*, Fig. 95. Diese füllen sich mit Flüssigkeit an. *ab* und *cd* sind aber so lang, daß sie sich dann mit ihren Innenrändern oder einem Theile ihrer Innenflächen berühren. Es erzeugt sich auf diese Weise die Scheidewand *lmn*, Fig. 96, die jeden weiteren unpassenden Rückgang unmöglich macht.

§. 548. Die Klappen folgen in verhältnißmäßig sehr kurzen Zwischenräumen auf einander. Der gegenseitige Abstand je zweier der Fig. 94 gezeichneten Einschnürungen pflegt höchstens ungefähr 1 Centimeter im Menschen und 2 Cent. im Pferde zu betragen. Dieses gewährt den Vortheil, daß kleine Flüssigkeitssäulen abgeschnitten werden und der Rücktritt beträchtlicher Lymphmassen zu den Unmöglichkeiten gehört. Die schwachen und zum Theil wechselnden Kräfte, welche die Lymphe fortbewegen, erklären diese Einrichtungsweise.

§. 549. Während die größeren Saugaderstämme in reichlichem Maaße mit solchen Ventilen ausgerüstet sind, fehlen diese häufig in den Anfangsbezirken der Lymphgefäße. Man kann sie in den Chylusgefäßen, die in der Mitte der Darmzotten verlaufen (§. 517.), nicht bemerken. Die Klappen hindern es, daß man irgend größere Saugaderstämme in centrifugaler Richtung einspritzt. Dieser Versuch gelingt aber in den Saugadernetzen, die sich an der Oberfläche der Pferdeleber vorfinden (§. 528.).

Lymphherzen. §. 550. Das Lymphgefäßsystem besitzt keine Herzbildung, dessen Druckkraft den Milchsaft oder die Lymphe centripetal weitertreibt. Die Lymphherzen der Reptilien liegen an den Uebergangsstellen der Saugadern in die Venenstämme. Sie pressen daher die Lymphe in die Blutmasse mit erneuerter Kraft ein. Da sie so gebaut sind, daß das Blut in sie selbst centrifugal nicht vordringt, so werden sie höchstens mit

Lymphe im Augenblicke ihrer Erschlaffung angefüllt. Sie tragen auf diese Weise zur regelrechten Fortbewegung der Lymphe mittelbar bei.

Unterstützungsmittel der Lymphbewegung.

§. 551. Dieser Mangel einer eigenen für die Saugadern allein bestimmten Druckpumpe bedingt es, daß die Lymphe langsamer und gleichsam unsicherer als das Blut fließt. Die Geschwindigkeit ihrer Ströme wechselt auch wahrscheinlich in verhältnißmäßig beträchtlichem Grade in verschiedenen Augenblicken, weil eine Reihe von Nebenmitteln, die ihrer Bewegung zu Hilfe kommen, nur zu gewissen Zeiten thätig ist und mit ungleichem Nachdrucke einwirkt.

§. 552. Die oft wiederholte Klappenbildung gewährt den Nutzen, daß jede kleinste Flüssigkeitssäule für den Fortschritt gewonnen ist, so wie sie nur die wiederum vollständig verschließbaren Ventile überschritten hat. Die Rückenkraft, welche die anhaltende Einsaugung liefert, wird hierdurch wesentlich unterstützt. Jeder andere Drück, den irgend ein Nebenumstand liefert, kann aus dem gleichen Grunde zweckmäßiger wirken.

Verkürzungsvermögen der Wände der Saugadern.

§. 553. Man hat häufig vermuthet, daß die Wände der Saugadern ein selbstständiges Verkürzungsvermögen besitzen. Man ist aber vorläufig nur im Stande, diese Verhältnisse mit der Lymphbewegung auf hypothetischem Wege in Beziehung zu bringen. Die Erfahrung selbst hat noch keinen sicheren Fingerzeig in dieser Rücksicht an die Hand gegeben.

§. 554. Eine wurmförmige Bewegung kommt in den Saugadern nie vor. Legt man z. B. ein größeres gefülltes Lymphgefäß an dem Halse des Pferdes bloß, so ändert es sich meist in der ersten Zeit nicht. Es verengert sich höchstens unter dem Einflusse der Luft so langsam, daß das freie Auge den allmähligen Durchmesserwechsel nicht bemerken kann. Man findet dagegen, daß sich die Saugadern frisch getödteter Thiere allmählig entleeren und nach und nach verkleinern können. Sollte daher der Rauminhalt der Lymphgefäße in gewissen Fällen selbstständig wechseln, so würde dieses nur ein durch die Klappeneinrichtung begünstigtes Unterstützungsmittel, nicht aber die ursprüngliche Anregung, von der die Lymphströmung herrührt, bilden können.

Einfluß der Muskelbewegung auf die Einsaugung.

§. 555. Die Zusammenziehung der Muskeln kann eine Druckkraft, der die nachgiebigen Saugaderwände leicht gehorchen, darbieten. Da die in kurzen Zwischenräumen folgenden Klappen den Rückgang abschneiden, so wird diese Nebenbedingung den flüssigen Inhalt nur in centripetaler Richtung weiter fördern.

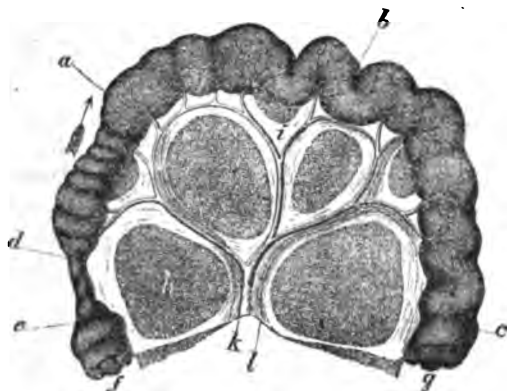
§. 556. Lieberkühn und Poiseuille haben in jungen Säugethieren bemerkt, daß der in den Saugadern des Gekröses *l* (und neben *k*), Fig. 97 (s. f. S.), eingeschlossene Milchsaft von der Wurmbewegung des entsprechenden Darmstückes *ad* fortgestoßen wurde, nach dem Aufhören derselben aber zur Ruhe zurückzukehren schien. Die freien Körpermuskeln, die an Saugaderstämme unmittelbar grenzen, werden denselben Einfluß ausüben können. Ein äußerer Druck, ja die bloße Biegung ein-

zelner Körpertheile müssen bei der erwähnten Klappeneinrichtung bewirken, daß der Saugaderinhalt in entsprechendem Maaße fortrückt.

Fig. 98.



Fig. 97.



Einfluß des venösen Blutstromes auf die Lymphbewegung.

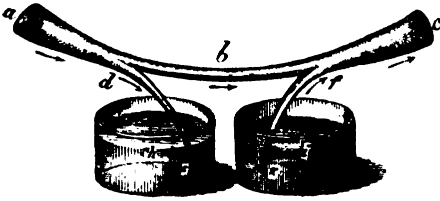
§. 557. Der Milchbrustgang *b*, Fig. 98, mündet in die Vereinigungsstelle *e* der linken Drossel= und Schlüsselbeinblutader *c* und *d*, und der Kopfgang *f* in die Verbindung *k* der entsprechenden rechten Venen *h* und *i*. Wir finden daher hier zweierlei Eigenthümlichkeiten. Die Blutadern, welche die Hauptenden des Lymphgefäßsystemes aufnehmen, liegen in der Nähe des Herzens und innerhalb der Brusthöhle. Zwei große Venen verbinden sich zu einem gemeinschaftlichen Stamme, wo die Hauptröhren der Saugadern eintreten. Man kann diese Einrichtung als ein Unterstützungsmittel der Lymphbewegung von theoretischer Seite aus ansehen.

§. 558. Es wurde §. 106 bemerkt, daß die Stromgeschwindigkeit einer Flüssigkeit in umgekehrtem Verhältnisse des Flußbettes unter sonst gleichen Verhältnissen zunimmt. Da nun die Summe der Lumina von *c* und *d* größer, wie das von *e*, und die von *h* und *i* beträchtlicher, wie *k* ausfällt, so münden die Saugaderstämme in Venenräume, in welchen sich die Schnelligkeit der Blutbewegung augenblicklich zu erhöhen pflegt.

Denken wir uns, *a b c*, Fig. 99, sei eine mit den Seitenzweigen *d e*

und *fg* versehene Röhre, *de* taucht in farbloses Wasser *h* und *fg* in gefärbtes *i*. Ist das ganze System *abc*, *de* und *fg* mit Wasser gefüllt und läßt man die Flüssigkeit mit der nöthigen, verhältnißmäßig großen Geschwindigkeit durchgehen, so ereignet es sich, daß sie zu *c* gefärbt hervortritt. Es wird mithin das gefärbte Wasser von *i* aus durch *fg* emporgesogen. Der in *bc* dahineilende Flüssigkeitsstrom erzeugt eine Saugkraft, eine Art negativen Druckes für *fg*. Das Bernouilli-Venturi'sche Theorem der Hydraulik erklärt diese Erscheinung in befriedigender Weise.

Fig. 99.



Das Venenblut stürzt in den benachbarten rechten Vorhof, so wie er sich erweitert, ein. Die oben erwähnte Verengerung des Flußbettes erhöht die Geschwindigkeit oder eine der Hauptbedingungen jenes negativen Druckes in demjenigen Bezirke, in den die Enden des Saugadersystems münden. Diese sind mit dem Drucke ihrer Nachbartheile und die Letzteren wiederum mit dem der Atmosphäre belastet (§. 94.). Könnte der negative Druck mit gehöriger Kraft eingreifen, so würde Lymphe aus dem Milchbrustgang und dem Kopfgang in die entsprechenden Blutadern vordringen.

Einfluß der Athmung auf die Lymphbewegung.

§. 559. Wenn sich die Brust bei dem Einathmen erweitert, so werden alle benachbarten in den verschiedenen Gefäßen centripetal laufenden Flüssigkeiten angesogen. Die Ausathmung sucht sie wieder mit einer gewissen Kraft zurückzutreiben. Da aber die vorzüglichsten Endtheile der Saugadern in der Brusthöhle liegen, so wird die Einathmung die Lymphe ihrem Endziele zuzuführen suchen. Die Klappen und zum Theil auch die Gegenwirkung der Bauchmuskeln hindern wiederum, daß die Ausathmung Störungen herbeiführt.

§. 560. Hatten Ludwig und Noll[15]) eine mit dem Blutkraftmesser (§. 86.) verbundene Röhre in eine größere Saugader, z. B. des Halses des Hundes eingefügt, so konnten sie gewisse, den tiefen Athemzügen entsprechende Schwankungen der Anzeigesäule wahrnehmen. Ein negativer Druck kam bei dem Ein- und ein positiver bei dem Ausathmen zum Vorschein. Hatten sie dagegen den peripherischen Theil der Saugader unterbunden, so machte sich kein negativer Druck an dem Blutkraftmesser, mithin kein Einsaugen kenntlich. Diese Erscheinung rührt vielleicht davon her, daß die zur Ausgleichung des negativen Druckes der einathmenden Brusthöhle nöthige Masse aus anderen offenen Flüssigkeitssäulen hervorkommen konnte. Das Aussaugen eines kurzen, blind endigenden Canales erfodert immer mehr Kraft, als das eines Röhrensystemes, zu dem der Zufluß offen steht.

§. 561. Alle erwähnten Nebenverhältnisse bilden jedenfalls bloße

Unterstützungsmittel der Lymphbewegung. Unsere gegenwärtigen Kenntnisse dieses noch lange nicht abgeschlossenen Gegenstandes führen zu der Vermuthung, daß die ursprüngliche Quelle in der Fortdauer der Einsaugung liegt. Die häufige Klappenbildung macht es erst möglich, daß die zufälligen Nebeneinflüsse der Muskelbewegung ersprießlich wirken, weder die Lymphe zurücktreiben, noch Blut von den Venen aus in die Saugadern eindrängen. Die Elasticität der Wände gestattet eine augenblickliche Ausdehnung und die Rückgabe eines gewissen Druckes, so wie der Abfluß vollkommen frei gelassen ist. Das Verkürzungsvermögen bildet den dunkelsten Punkt des Ganzen. Ein rascher von ihm ausgehender Wechsel des Durchmessers kommt nie vor. Es könnte daher höchstens die Flußbette allmählig verändern und eher auf die Capacitätsverhältnisse und die gegebenen Elasticitätszustände, als auf die augenblickliche Fortbewegung einwirken.

Stromkraft der Lymphe. §. 562. Wir werden in der Folge sehen, daß die Stromkraft (§. 86.) des Blutes mit der Verschiedenheit der Blutadern, in denen es enthalten ist, in hohem Grade wechselt. Die Saugadern werden Schwankungen der Art in noch bedeutenderem Maaße darbieten, weil die Größe der Einsaugung und der zur Zeit gegebene Nebeneinfluß der Muskelbewegungen und der anderen zufälligen Druckkräfte vielen Verschiedenheiten unterliegen können. Die langsame Fortbewegung der Lymphe läßt eine geringe Druck- und Geschwindigkeitshöhe (§. 102.) von vorn herein erwarten.

§. 563. Man hat es bis jetzt noch nicht versucht, eine ausgedehnte Bestimmung der mit dem Blutkraftmesser zu ermittelnden Druckgrößen in den Saugadern der größeren Säugethiere, wie des Pferdes, vorzunehmen. Ludwig und Noll, die ihre Beobachtungen an Hunden und Katzen anstellten, fanden einige Millimeter bis wenige Centimeter Wasserdruck. Spritzt man eine Flüssigkeit in die Schlagadern in peripherischer Richtung ein, so kann die lebhaftere Einsaugung die Anzeigesäule des Blutkraftmessers in die Höhe treiben. Die Muskelzusammenziehung, die Bewegung der einzelnen Theile, ein künstlicher von außen her wirkender Druck oder die Ausathmung werden ähnliche Erscheinungen herbeiführen. Die Veränderungen, die der Herzschlag und die Athmung möglicher Weise bedingen, verwischen sich wahrscheinlich für die einzelnen Saugaderstämme in um so höherem Grade, je weiter diese von der Brust entfernt liegen.

Geschwindigkeit d. Lymphbewegung. §. 564. Die Schnelligkeit der Lymphbewegung ist noch in keiner größeren Versuchsreihe unmittelbar bestimmt worden. Cruikshank [16]) giebt an, daß er den Chylus mit einer Secundengeschwindigkeit von einem Decimeter in den Milchsaftgefäßen des Gekröses des Hundes fortrücken sah. Eine genauere Bestimmung dieser Werthe wäre insofern von Wichtigkeit, als sich aus ihnen schätzungsweise berechnen ließe, wie viel Flüssigkeit innerhalb 24 Stunden in das Blut einzuströmen pflegt.

§. 565. Da die Summe der Hohlräume der untergeordneten Saugadern größer als die der Hauptstämme ausfällt und daher der Milchsaft und die Lymphe aus einem weiteren in ein engeres Flußbett vorrücken, so wird auch die Geschwindigkeit unter sonst gleichen Verhältnissen nach und nach zunehmen. Die Saugaderdrüsen verzögern den Lauf der Lymphe aus zwiefachem Grunde. Sie erweitern das gesammte Flußbett und führen zu neuen Hindernissen der Biegungen wegen. Es muß daher die größere Widerstandshöhe mehr Geschwindigkeitshöhe aufzehren (§. 103.). Die hier länger verweilende Lymphe kann sich um so durchgreifender mit dem Blute ausgleichen. Die schnellere Bewegung, die wir in den größeren Stämmen antreffen, wird den entgegengesetzten Vortheil darbieten. Die Flüssigkeitstheilchen können hier verhältnißmäßig so rasch dahinströmen, daß die Diffusion mit dem Blute der benachbarten großen Gefäßstämme nicht beendigt zu werden vermag.

Kreislauf.

---

§. 566. Die Blutmasse wird in geschlossenen Bahnen fortwährend herumgetrieben, damit sie die für die Absonderungen, die Erhaltung und das Wachsthum nöthigen Stoffe überall ausscheiden und sich selbst unter dem Einflusse der Luft nach und nach erfrischen kann. Dieser doppelte Zweck entspricht den beiden Hauptabschnitten des Ganzen, dem sogenannten Körper- und dem Athmungskreislaufe. *Zweck der Blutbewegung.*

§. 567. Das Herz bildet den Hauptthebel oder den Mittelpunkt dieser Thätigkeit. Es treibt das Blut centrifugal oder peripherisch in eigenen Röhrenleitungen, den Schlagadern, den Pulsadern oder den Arterien fort. Es nimmt es wiederum aus den Blutadern oder den Venen, in denen die Blutmasse in centripetaler oder in centraler Bahn zurückkehrt, auf. Die feinsten Blutgefäßnetze, die Haargefäße oder die Capillaren liefern die Uebergangsbildungen der beiden entgegengesetzten Arten von Röhrenleitungen, der hinwegführenden Schlagadern und der zuleitenden Blutadern. Die Blutmasse biegt daher in ihnen aus ihrer peripherischen Richtung in die centrale um. *Einzelne Theile der Kreislaufswerkzeuge.*

§. 568. Das Herz des erwachsenen Menschen, das uns Fig. 100 (s. f. S.) von vorn und Fig. 101 von hinten in $^3/_8$ der natürlichen Größe darstellt, besteht aus vier Muskelsäcken, den beiden Vorhöfen, Vorkammern *Hauptabtheilungen des Herzens.*

oder Atrien *c* und *d*, Fig. 101, und den zwei Kammern oder Ventrikeln *a* und *b*, Fig. 100 und 101. Die rechte Vorkammer *c*, Fig. 101, und die rechte Kammer *a*, Fig. 100 und 101, bilden zusammen das rechte, und

Fig. 100.

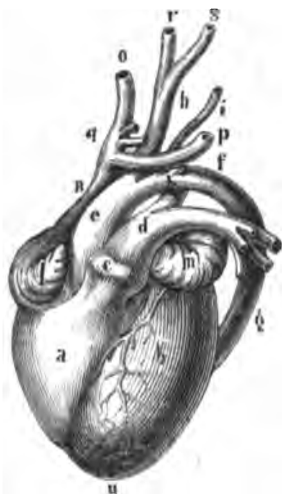
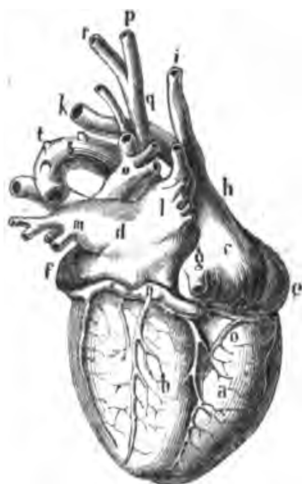


Fig. 101.



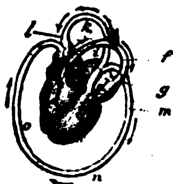
der linke Vorhof *d*, Fig. 100, und der linke Ventrikel *b*, Fig. 100 und 101, das linke Herz. Jeder Vorhof verbindet sich mit der ihm entsprechenden Kammer durch eine weite Oeffnung, die venöse oder die Atrio=Ventricularmündung. Die Scheidewand der Vorhöfe und die der Kammern schließen aber das rechte von dem linken Herzen völlig ab.

§. 569. Diese Einrichtung kehrt auch in den erwachsenen Säugethieren und Vögeln wieder. Wir finden dagegen in den höheren Reptilien, wie z. B. den Schlangen, daß eine Lücke der Kammerscheidewand die beiden Ventrikel wechselseitig verbindet. Die Frösche haben nur eine Kammer und eine zwar äußerlich einfache, aber im Innern in zwei Säcke gesonderte Vorkammer. Die Fische besitzen nur einen Vorhof und einen Ventrikel. Ein eigener, sich selbstständig zusammenziehender Muskelbelag, die Arterienzwiebel (*f*, Fig. 114 u. 115, S. 195), umringt hier häufig den Anfangstheil des die Kammer verlassenden Arterienstammes. Wir werden später sehen, daß das Herz des Menschen und der Säugethiere alle diese Veränderungen in dem Laufe seiner Embryonalentwickelung nach und nach darbietet.

Athmungs- und Körperkreislauf. §. 570. Die Lungenschlagader *cd*, Fig. 100, entspringt aus der rechten Kammer, während die Lungenblutadern *lm*, Fig. 101, in den linken Vorhof einmünden. Da das rechte Herz des Erwachsenen von dem linken abgeschlossen ist, so muß das aus der rechten Kammer *a*, Fig. 100, in die Lungenarterie *cd* übertretende Blut die Lungen selbst durchfließen, ehe es zum linken Vorhofe *d*, Fig. 101, zurückkehren kann. Die Haupt=

schlagader der Körperorgane, die Aorta *e*, Fig. 100, entsteht aus der linken Kammer *b*. Die obere und die untere Hohlvene dagegen, *h* und *g*, Fig. 101, münden in die rechte Vorkammer *c*. Es müssen daher hier die Körpertheile die nöthigen Zwischenwege liefern. Wir erhalten auf diese Weise einen kleinen oder einen Athmungskreislauf, der die rechte Kammer *a*, Fig. 101, mit der linken Vorkammer *d*, und einen großen oder einen Körperkreislauf, der die linke Kammer *b*, Fig. 101, mit dem rechten Vorhofe *c* verbindet.

Fig. 102.



§. 571. Das Fig. 102 dargestellte Schema kann uns die Stromrichtungen des Blutes versinnlichen. Die in dem rechten Vorhofe *c* befindliche Blutmasse geht in die rechte Kammer *a*, dann in die Lungenschlagader *e* und die Haargefäße der Athmungswerkzeuge *f*, um in den Lungenblutadern *g* zum Herzen und zwar zum linken Vorhofe *d* zurückzukehren. Sie tritt dann nach der linken Kammer *b* über und gelangt von da in die Körperaorta *h*. Die verschiedenen aus dieser entspringenden Schlagadern leiten das Blut in die mannigfachen Körperwerkzeuge. Ein Theil derselben *i* führt sie durch seine Haargefäße *k* in die obere Hohlvene *l*, ein anderer dagegen *m* durch seine Capillaren *n* in die untere Hohlader *o*. Beide Hohlvenen *l* und *o* ergießen ihr Blut in die rechte Vorkammer *c*, damit die eben geschilderte Kreisbewegung von Neuem beginne. Die in Fig. 102 eingetragenen Pfeile bezeichnen die Stromesrichtungen der Blutmasse. Stromrichtungen des Blutes.

§. 572. Die rechte Kammer *a*, die Lungenschlagader *e*, die Haargefäße der Lungen *f*, die Lungenblutadern *g* und der linke Vorhof *d* gehören dem kleinen, dem Athmungs- oder dem Lungenkreislaufe, die linke Kammer dagegen *b*, die Aorta *h*, die Körperarterien *i m*, die Körpercapillaren *k n*, die Körpervenen *l o* dem großen oder dem Körperkreislaufe an. Ist das rechte Herz *c a* des erwachsenen Menschen von dem linken *d b* völlig abgeschlossen, so muß das Blut diese beiderlei Kreislaufsbahnen nach einander durchsetzen, ehe es zu demselben Herztheile von Neuem zurückkehrt. Hat es seine Körperbahn durchgemacht, so wird es die Lungen, bevor es auf seinen früheren Weg zurückkehrt, durchlaufen müssen. Gegenseitige Abgeschlossenheit der beiden Kreisläufe.

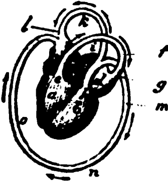
§. 573. Dieser Wechsel hängt mit der nothwendigen Bluterfrischung innig zusammen. Das in den Körperschlagadern *i* und *m* dahingehende Blut ist hochroth gefärbt oder arteriell, das in den Körperblutadern *l o* zurückkehrende dagegen dunkelroth oder venös. Die Haargefäße *k n* der Körperwerkzeuge scheiden die zur Erhaltung nöthigen Stoffe vorzugsweise aus. Das Blut ändert zugleich hier seine Farbe in der oben erwähnten Weise. Das hochrothe Schlagaderblut verwandelt sich in das dunkelrothe Venenblut. Da aber dieses die Ernährungszwecke nicht mehr erfüllen kann, so geht es zuvor in der Lungenschlagader *e* in die Athemwerkzeuge. Es wird in den Lungencapillaren *f* unter dem Einflusse der Athmungsluft hellroth gemacht. Die Lungenblutadern *g* Farbenunterschied der Blutmassen.

führen dann die wiederum erfrischte Blutmasse dem linken Vorhofe *d* und mithin dem großen Kreislaufe zu.

Unabhängigkeit der Blutfarbe von der Beschaffenheit der Gefäßröhren.

§. 574. Die Wände der Schlagadern zeichnen sich durch einen hohen Grad von Elasticität (§. 61.), die der Blutadern dagegen durch ihre Nachgiebigkeit aus. Nun ergiebt sich aus dem oben Dargestellten, daß die Lungenarterie *e*, Fig. 103, dunkelrothes und die Aorta *h* nebst den Körperschlagadern *i m* hellrothes, die Lungenblutadern *f* dagegen arterielles und die Körperblutadern *l o* dunkelrothes Blut führen. Vergleichen wir hiermit die mit den Pfeilen angedeuteten Stromesrichtungen, so zeigt sich von selbst, daß diese und nicht die Beschaffenheit der Blutmasse die Natur der Wände der Röhrenleitungen bestimmt. Der Inhalt aller Schlagadern geht peripherisch und der aller Blutadern central dahin, ganz gleichgültig ob er hellroth oder dunkelroth ist. Da aber die Stromesrichtungen mit den mechanischen, die Färbung dagegen mit den chemischen Verhältnissen der Blutbewegung zusammenhängen, so erhellt, daß die Natur der Gefäßwände von den mechanischen Beziehungen bestimmt wird.

Fig. 103.



Die Haargefäße führen zu dem gleichen Schlusse. Die Blutmasse biegt aus ihrer peripherischen Bahn in die centrale in den Lungen, wie in den Körpercapillaren, in *k*, wie in *n* um. Man begegnet daher auch keinem wesentlichen Structurunterschiede. Das dunkelrothe Blut der Lungenschlagadern *e*, Fig. 103, wird nichts desto weniger in den Athmungscapillaren *f* hellroth und das hellrothe Blut der Körperschlagadern *i m* in den Körpercapillaren *k n* dunkelroth.

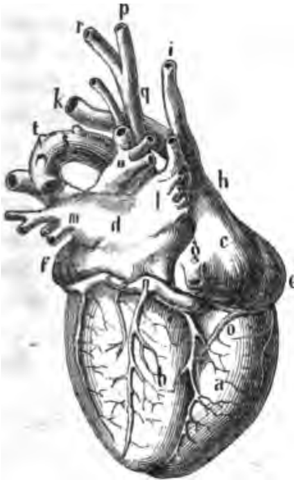
Man sieht zugleich, daß die beiden Herzhälften verschiedene Blutarten führen. Das rechte Herz *ca*, Fig. 103, enthält dunkelrothes oder venöses, das linke dagegen *d b* hellrothes oder arterielles Blut. Grenzt man jeden Kreislauf in der Art ab, daß die beiden Endstücke derselben entgegengesetzte Blutfarben darbieten und verlegt jene in die Herzmasse selbst, so gehören die rechte Kammer *a* und die linke Vorkammer *d* dem Lungen-, die linke Kammer *b* und die rechte Vorkammer *c* dagegen dem Körperkreislaufe an. Wir haben daher hier gegenseitige Kreuzbeziehungen *a d* und *b c*, die den Wechsel von Abnutzung und Erfrischung der Blutmasse sichern (§. 566.).

Hauptwirkung des Herzens.

§. 575. Das Herz bildet eine Druck- und Saugpumpe, die ihren Inhalt durch die Gefäßröhren weiter treibt. Sein starker Muskelbelag verleiht ihm die Fähigkeit, sich abwechselnd zusammenzuziehen und auszudehnen. Die Verkürzung liefert die Druckkraft, welche den Blutinhalt weiter preßt, die Erschlaffung hingegen den Raum, in den neues Blut einzudringen vermag. Beide Veränderungen, die Zusammenziehung oder die Systole und die Erschlaffung oder die Diastole wechseln fortwährend ab. Ein Herzschlag umfaßt denjenigen Zeitraum, in wel-

chem jede der vier Hauptabtheilungen des Herzens ein Mal in Systole und ein Mal in Diastole verfallen ist.

Fig. 104.



Systole und Diastole der einzelnen Herztheile.

§. 576. Die beiden neben einander liegenden Vorhöfe *c* und *d*, Fig. 104, ziehen sich gleichzeitig zusammen und erschlaffen später wiederum in demselben Augenblicke. Dieses wiederholt sich in ähnlicher Weise für die Kammern *a b*. Die Vorkammern *c d* sind aber verkürzt oder in Systole, wenn sich die Kammern *a b* in der Ruhe oder in Diastole befinden und umgekehrt. Jeder Herzschlag zerfällt daher in zwei Hauptabschnitte, in denen die Vorkammern die den Kammern entgegengesetzte Thätigkeit darbieten.

§. 577. Dieser Wechsel hat seine bestimmt berechneten Absichten. Denken wir uns, die Vorhöfe *c* und *d*, Fig. 104, die ihr Blut aus den Venen aufgenommen haben, ziehen sich zusammen, so kann dieses in die gleichzeitig erschlafften Kammern *a b* mit Leichtigkeit vordringen. Wenn sich aber später die Kammern verengern, um ihren Inhalt den Schlagadern zu überliefern, so gewinnen die mittlerer Weile erschlafften Vorhofe *c d* die nöthige Nachgiebigkeit, um neue Blutmassen einströmen zu lassen. Die Wechselthätigkeit der Arterien und der Ventrikel dient daher zur passenden Vorbereitung. Sie macht es möglich, daß jeder Herzabschnitt dem folgenden für den nächsten Augenblick zweckmäßig vorarbeitet.

Ursache der gleichzeitigen Thätigkeit beider Herzhälften.

§. 578. Da der Lungen- und der Körperkreislauf zwei erst in dem Herzen verbundene Abschnitte der gesammten Blutbahn bilden, so erklärt es sich, weshalb je zwei gleichartige Abtheilungen des Herzens übereinstimmende Verkürzungs- oder Erschlaffungszustände in demselben Augenblicke darbieten. Ziehen sich beide Ventrikel zusammen, so rückt eine gewisse Menge Blutes in die Aorta und die Körperschlagadern ein. Diese schieben entsprechende Quantitäten in den rechten Vorhof. Gingen nicht andere Blutmassen in die Lungenschlagader und den linken Vorhof gleichzeitig vorwärts, so würde eine Ungleichförmigkeit der Fortbewegung, die zuletzt Unordnungen herbeiführte, durchgreifen. Die gleichzeitige Thätigkeit bewirkt daher, daß die gesammte Blutmasse in entsprechender Weise fortrückt.

Verhältnißmäßiger Rauminhalt der Herzhöhlen.

§. 579. Das in den Lungen enthaltene Blut scheidet Kohlensäure und Wasser aus, während es Sauerstoff aufnimmt. Das der Körpercapillaren liefert die für die Absonderungen und die Ernährung nöthigen Verbindungen. Sein Gehalt an Kohlensäure nimmt unter diesen Verhältnissen zu, der an Sauerstoff hingegen ab. Diese Veränderungen wer-

den einen gewissen Umfangswechsel der Blutmasse herbeiführen. Bedenkt man aber, daß jeder Herzschlag des Erwachsenen weniger als eine Secunde in Anspruch nimmt und ein ruhiger Athemzug durchschnittlich vier Mal so lang dauert, so ergiebt sich, daß die einem einzelnen Herzschlage entsprechenden Wechselerscheinungen verhältnißmäßig sehr klein ausfallen werden. Läßt man sie deshalb gänzlich bei Seite, so wird sich das Ganze am Vollständigsten reguliren, wenn die rechte Kammer ebenso viel Blut in die Lungenschlagader als die linke in die Aorta treibt, d. h. wenn beide vollkommen erschlafften Ventrikel die gleiche Capacität haben und sich in der Systole in peripherischer Richtung gänzlich entleeren. Da aber die Zusammenziehung einer Kammer höchstens so viel, als sie aus der Vorkammer aufgenommen, fortzuschieben vermag, so führt jene Annahme zu der ferneren Voraussetzung, daß die Capacität jedes diastolischen Vorhofes mit der des diastolischen Ventrikels übereinstimmt oder sie höchstens um so viel übertrifft, als in den Venen zurückgestoßen zu werden vermag. Es hat daher die meiste Wahrscheinlichkeit für sich, daß alle vier Herzhöhlen ungefähr dieselbe Menge Blutes im Leben zu fassen pflegen.

§. 580. Die Ergebnisse der Leichenöffnungen scheinen diese Annahme nicht zu bestättigen. Man findet in der Regel, daß die rechte Kammer eine umfangreichere Höhle, als die linke, und die Ventrikel größere Räume, als die eigentlichen Vorhöfe nebst den Herzohren *l* und *m*, Fig. 100, *e* und *f*, Fig. 101, S. 184, darbieten. Eine nähere Betrachtung lehrt, daß diese Thatsachen jene Vorstellung nicht widerlegen.

Die Muskelmasse der linken Kammerwand, *tu*, Fig. 106, S. 189, fällt doppelt so groß, als die der rechten, *t*, Fig. 105, aus. Das Herz des Leichnames befindet sich in der Regel in einem gewissen Grade von Zusammenziehung, die von der Elasticität, der Todtenstarre oder beiden Ursachen zugleich herrührt. Es wird daher der Hohlraum der linken Kammer kleiner, als der der rechten Kammer sein. Dazu kommt noch, daß diese letztere mehr Blut zu enthalten pflegt, weil das rechte Herz in der Regel später, als das linke abstirbt.

Die lebenden Vorhöfe dehnen sich auf das mögliche Maximum während ihrer Erschlaffung aus. Dieses kehrt aber in der Leiche nicht wieder. Ihr geringerer Rauminhalt erklärt sich auf diese Weise. Man muß jedoch zugeben, daß die Voraussetzung, welche ihnen dieselbe Capacität wie den Kammern zuschreibt, nur darauf fußen kann, daß die Ventrikel eben so viel aufnehmen müssen, als sie im nächsten Augenblicke fortstoßen sollen. Die verwickelteren und zum Theil noch unbekannten Verhältnisse des Rauminhaltes und der Geschwindigkeit der peripherischen Blutbahnen können jenen Schluß vorläufig noch nicht begründen.

Innerer Bau des Herzens.

§. 581. Die sich zusammenziehenden oder erschlaffenden Muskelfasern liefern die Kräfte, mittelst deren das Herz als Saug- und Druckpumpe wirkt. Zweierlei Nebenverhältnisse machen es aber erst möglich, daß dieses Organ alle ihm obliegenden Pflichten pünktlich erfüllt. Die einzelnen Muskelmassen vertheilen sich in zweckmäßiger Weise. Passende

Klappen oder Ventile ordnen den Lauf der flüssigen Inhaltsmasse, so daß diese nur in den beabsichtigten peripherischen Bahnen fortzugleiten sucht.

§. 582. Fig. 105 und 106, welche die aufgeschnittenen Vorhöfe Form der Innenfläche.

Fig. 105.

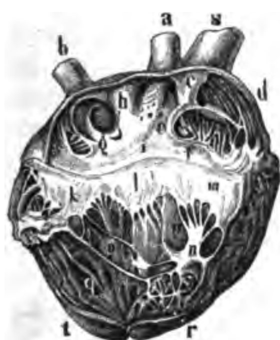
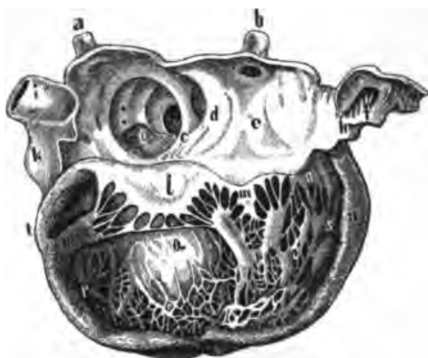


Fig. 106.



und Kammern des Fig. 100 und 101 dargestellten Herzens in 3/8 der natürlichen Größe wiedergeben, können uns die vorzüglichsten Muskelmassen und die für den Kreislauf wichtigsten Formverhältnisse versinnlichen. Fig. 105 ist das an der rechten Seitenkante geöffnete rechte und Fig. 106 das von links aus aufgeschnittene linke Herz. Man sieht, daß die untergeordneten Verhältnisse wesentlich abweichen. Die linke Vorkammer ist an ihrer Innenseite glatter (*e* Fig. 106.), als die rechte. Die Anordnung der Warzenmuskeln *no* und der Netzbalken *qr*, Fig. 105, fällt für die rechte Kammer anders, als für die linke, *op* und *rs*, Fig. 106, aus. Rechter Vorhof.

§. 583. Der rechte Vorhof empfängt die Hauptmasse seines Blutes aus der oberen und der unteren Hohlvene *a* und *b*, Fig. 105. Unbedeutendere Mengen kommen aus der Herzmasse selbst durch die Oeffnung der großen Herzvene (bei *g*) und die Thebesi'schen Mündungen der kleinen Herzblutadern *e*, Fig. 105, hinzu. Die oberhalb der eiförmigen Grube *g* befindliche Lower'sche Erhabenheit *h* hindert es, daß sich die Ströme der beiden Hohladern beengen. Der der oberen wird hierdurch mehr nach unten und der der unteren nach der Gegend des Herzohres *f* abgeleitet. Die zwischen den Kammmuskeln des Vorkammersinus *d* und des Herzohres *f* befindlichen Zwischenräume sind so dünn, daß sie eine beträchtliche Dehnung gestatten. Man hat auch an Kindern, deren Herz in Folge einer angeborenen Mißbildung frei zu Tage lag, bemerkt, daß sich die Vorhöfe und die Herzohren im Augenblicke der Diastole, wie es schien, zum Platzen ausdehnten.

§. 584. Zieht sich der rechte Vorhof in dem nächsten Augenblicke zusammen, so wird das Herzohr seine Blutmasse in den Sinus zu treiben und dieser selbst sich möglichst zu entleeren suchen. Die Kammmuskeln *fd*, Fig. 105, unterstützen hierbei die Entleerung der zwischen ihnen

befindlichen Spalträume. Da die Mündungen der Hohladern *ab* mit keinen besonderen vollständigen Klappen versehen sind, so könnte die Blutmasse eben so gut in sie zurückweichen, als durch die venöse Oeffnung *i* in die Kammerhöhle einzustürzen suchen. Jener unzweckmäßige peripherische Rückgang wird aber vorzugsweise dadurch verhütet oder wenigstens erschwert, daß Muskelfasern der Vorhofswand um die Einmündungsstellen der Hohladern ringförmig herumgehen. Die verschieden ausgebildete und oft siebförmig durchbrochene Eustachi'sche Klappe des Erwachsenen leistet gar keine oder nur sehr unvollkommene Dienste für die untere Hohlvene. Die Einmündungsweise der großen Herzblutader bei *g*, Fig. 105, hindert schon den Rücktritt des Blutes in dieses Gefäß. Die an ihm angebrachte Thebesi'sche Klappe soll den Rückgang noch sicherer verhüten helfen.

Rechte Kammer. Strömt die Blutmasse in die rechte Kammer ein, so liegen die Lappen der dreizipfeligen Klappe den Wandungen so an, wie es *klm*, Fig. 105, anzudeuten sucht. Die Flüssigkeit verbreitet sich dann in dem Ventrikularhohlraume, dringt zwischen die Warzenmuskeln der Vorderwand *n* und der Scheidewand *o* und den Balkenmuskeln *qr* ein. Die Systole treibt sie aus allen diesen Behältern wiederum aus. Da aber dann die halbmondförmigen Klappen die venöse Mündung und mithin den Rückgang in den Vorhof verschließen, so bleibt nur der Ausweg in die Lungenschlagader (*cd*, Fig. 100, S. 184.) offen. Der Weg *p*, Fig. 105, der zu dieser überführt, zeichnet sich durch die Gleichförmigkeit seiner Oberfläche und seine Glätte aus. Es kann daher die Blutmasse auf der rechten Bahn um so rascher dahineilen.

Linker Vorhof und linke Kammer. §. 585. Die wesentlichsten für das rechte Herz dargestellten Erscheinungen kehren auch in dem linken wieder. Die diastolische Vorkammer empfängt ihr Blut aus den beiden linken, *ab*, und den zwei rechten Lungenblutadern *cd*, Fig. 107. Das gefüllte Herzohr (*m*, Fig. 100, S. 184.) und der übrige Sinus entleeren dann wieder den größten Theil, wo nicht ihren gesammten Inhalt in die linke Kammer, deren zweizipfelige Klappe *lmn*, Fig. 107, den Wänden unmittelbar anliegt. Der größere Hohlraum, die Zwischenräume, welche die Warzenmuskeln *o* und *p* und die Fleischbalken *rs* übrig lassen, nehmen das Blut in dem Augenblicke der Kammerdiastole auf. Die Systole treibt es wieder, während die venöse Klappe *lmn* geschlossen wird, auf der geglätteten Bahn *q* in den Anfangstheil der Aorta (*e*, Fig. 100).

Fig. 107.



Ventile. §. 586. Die beiden Ausgänge jeder Kammer sind mit zwei ent-

gegengesetzt spielenden Ventilen, den venösen Klappen und dem Systeme der halbmondförmigen Klappen versehen. Jene (*klm*, Fig. 105, S. 189., und *lmn*, Fig. 107.) liegen an den Uebergangsstellen der Vorhöfe in die Kammern. Die halbmondförmigen Taschen oder Klappen befinden sich nicht mehr in dem Bereiche des Herzens selbst, sondern an den ersten Anfangsstücken der Lungenschlagader und der Aorta. Sie verrathen sich schon äußerlich in Folge der in ihrer Gegend vorhandenen Valsalva'schen Sinus. *c*, Fig. 105, S. 184, sucht dieses für die Lungenschlagader klar zu machen.

§. 587. Die zwei Schemenzeichnungen, Fig. 108 und Fig. 109, die sich auf je eine Herzhälfte beziehen, können zunächst das Wechselspiel dieser beiden Ventilarten klar machen. Zieht sich die Kammer *b*, Fig. 108, zusammen, so schließt sich die entsprechende Atrioventricularklappe *d d*, während der in der Richtung der Pfeile in die Arterie einschießende Blutstrom die halbmondförmigen Klappen *e* an die Wandungen anzudrücken und sich so den Ausgang zu öffnen sucht. Verfällt aber die Kammer *g*, Fig. 109, in Diastole, so öffnet sich die venöse Klappe *i i*, damit das Blut von dem Vorhofe *f* aus vordringen könne. Sucht das eben erst in den Schlagaderstamm *h* eingetriebene Blut zurückzusinken, so fängt es sich in den Taschen *k* in ähnlicher Weise, wie dieses für die Klappen der Saugadern §. 547 aus einander gesetzt worden. Jene Ventile schließen aber den unzweckmäßigen Rückweg ab. Spiel der Ventile.

Fig. 108.



Fig. 109.



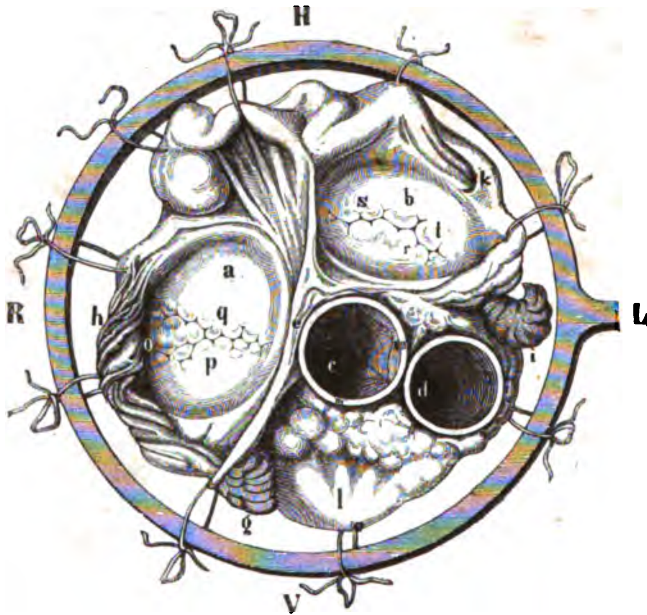
§. 588. Es ist natürlich nicht möglich, alle Gestaltveränderungen, und vorzüglich die, welche die Systole begleiten, in der Leiche nachzuahmen. Man kann aber die eben erwähnten Ventile mit Leichtigkeit stellen, sich die Formen, die sie dann darbieten, anschaulich machen, und ihr Wechselspiel durch einen künstlichen für Augenblicke nachlassenden Druck näher versinnlichen.

§. 589. Fig. 110 (s. folg. Seite) zeigt uns die obere Fläche der Kammern und der Nachbargebilde aus dem Herzen eines 24jährigen kräftigen Mannes, der sich erhängt hatte. Die aufgeschnittenen Vorhöfe sind theils entfernt, theils der freien Aussicht wegen umgeschlagen. Man bemerkt nur einen Theil der Vorkammerscheidewand *e*. Das Herz hängt an einem Ringe passend ausgespannt und zeigt den der Kammersystole entsprechenden Augenblick, in welchem die venösen Klappen geschlossen, die halbmondförmigen Taschen hingegen offen sind. *R* bezeichnet die rechte und *L* die linke Seite des Herzens, *V* vorn und *H* hinten.

Man sieht zuvörderst, wie die Ränder der dreizipfeligen Klappe *a*, Fig. 110, an einander liegen. *o* und *p* entsprechen hierbei den beiden vorderen Lappen (*k* und *l*, Fig. 105, S. 189.) und *g* dem innern (*m*, Fig. 105.). Das Gleiche kehrt für die zweizipfelige Klappe *b*, Fig. 110,

wieder. *r* ist hier der große vor dem Eingang in die Aorta liegende Abschnitt (*l* Fig. 106.) und *st* die doppelte kleinere an der Außenwand befindliche Abtheilung. Man bringt sich dieses eigenthümliche Bild am

Fig. 110.



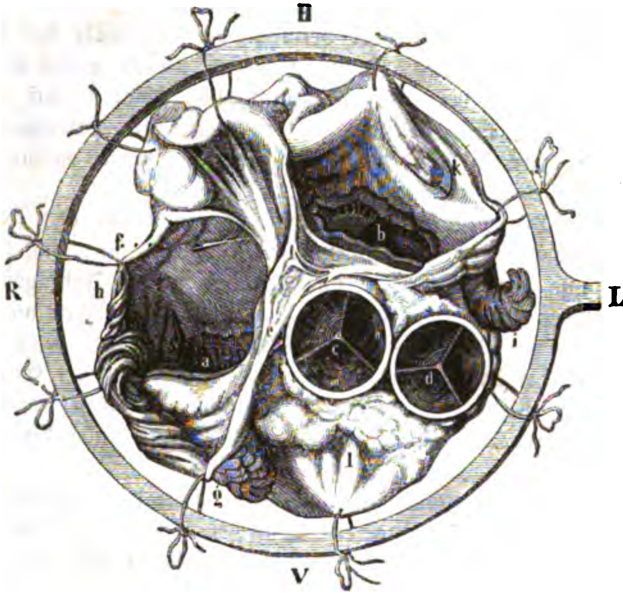
Einfachsten hervor, wenn man Wasser von der Lungenschlagader und der Aorta aus so weit eingießt, daß dieses zuletzt etwas höher, als die Gegend der venösen Klappen liegt, in jenen Schlagaderstämmen hinaufreicht. Ist ein Theil der Klappen verknöchert, hat man zufällig eine oder mehrere der zu ihnen verlaufenden Sehnen verletzt, so hört der genaue Verschluß auf. Er wird daher auch im Leben mangeln, wenn sich Kalkmassen in jenen Gebilden abgesetzt oder andere organische Fehler in diesen Theilen selbst oder in den Nachbarstücken eingenistet haben.

Die halbmondförmigen Klappen der Lungenschlagader *d* und der Aorta *c*, Fig. 110, sind dem Augenblicke der Kammerzusammenziehung entsprechend so dargestellt, daß ihre Taschen den Schlagaderwänden anliegen. Die Mittelpunkte der freien Ränder aller Klappen zeigen ihre Stützknoten, die man mit dem Namen der Morgagni'schen in der Lungenarterie und mit dem der Arantius'schen in der Aorta bezeichnet.

§. 590. Fig. 111 sucht uns umgekehrt die Verhältnisse der Kammerdiastole aus demselben Herzen zu versinnlichen. Die rechte und die linke venöse Mündung *a* und *b* sind hier offen. Man sieht, wie die drei- und die zweizipfelige Klappe den Kammerwänden anliegen. Die halbmondförmigen Klappen der Lungenschlagader *c* und der Aorta *d* wurden dadurch gestellt, daß man jede ihrer Taschen mit Wasser aus-

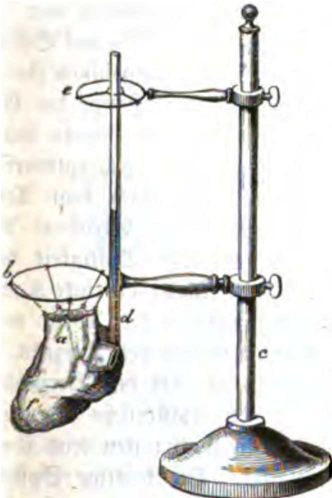
füllte. Ihre winklig gebogenen Ränder legen sich dann unter 120° an einander. Die Stützknötchen stoßen, wie es die Figur zeigt, in diesem Falle zusammen.

Fig. 111.



§. 591. Hat man den geöffneten rechten oder linken Vorhof *a*, Fig. 112, an einem Ringe *b* passend aufgehängt, eine Röhre *d* in die Lungenschlagader oder die Aorta eingebunden und die Kammer *f* mit Wasser gefüllt, so wird dieses, wenn man den unteren Theil von *f* passend drückt, die venöse Klappe schließen und in *d* vordringen. Hört die Wirkung der Hand auf, so bleibt das Wasser in *d* höher als früher stehen, weil sich die halbmondförmigen Klappen schließen. Ein zweiter Versuch treibt es noch weiter empor. Man kann sich auf diese Weise das Wechselspiel der Klappen und deren Einfluß auf die Blutbewegung vor Augen führen. Legt man ein Herz, in dessen eine Hohlader und Lungenschlagader Röhren passend eingebunden worden, in Wasser, so kann nach Fick ein die Kammern treffender Wechseldruck

Fig. 112.



die Flüssigkeit in der regelrechten Kreislaufbahn durch das rechte Herz hindurchtreiben.

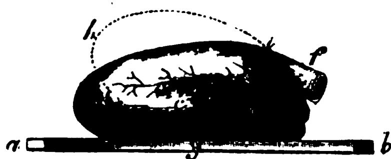
§. 592. Die venösen Klappen schließen schon unter den geringsten Druckkräften. Eine sehr schwache Zusammenziehung der Kammerwand, ja die bloße Kraft, mit der das Blut von dem Vorhofe aus eingetrieben wird und zurückprallt, oder vermöge der Elasticität der Kammerwände zurückgestoßen wird, kann zu diesem Zwecke völlig ausreichen. Das Blut fängt sich hinter den Klappensegeln, bläht sie auf, führt sie einander entgegen und vollführt auf diese Art die Schließung. Die entsprechend geformten Ränder rollen sich hierbei, wo es nöthig ist, auf, um sich desto inniger zusammenzufügen.

§. 593. Die eben erläuterten Versuche, in denen das todte Herz zu befriedigenden Ergebnissen führt, deuten darauf hin, daß die z. B. im Pferde und zum Theil selbst im Menschen in die Anfangsstücke der Klappen eindringenden Muskelfasern zum Schlusse derselben nicht nöthig sind. Da sie vor Allem von den Vorhöfen ausgehen, so werden sie nicht während der Zusammenziehung, sondern während der Erschlaffung der Kammern thätig sein. Man darf daher vermuthen, daß sie die Klappen emporzuheben suchen, damit sich das Blut hinter deren Segeln um so reichlicher fangen könne.

Klopfen des ausgeschnittenen Herzens. §. 594. Das ausgeschnittene und blutleere Herz der verschiedensten Geschöpfe, vorzüglich aber der jüngeren Säugethiere, der Amphibien und der Fische, klopft unter günstigen Verhältnissen eine Zeit lang im Freien fort. Man kann daher diejenigen, die Systole und Diastole begleitenden Veränderungen, die weder von der natürlichen Anheftung und Lage, noch von der Blutfüllung der Höhlen des Herzens abhängen, unmittelbar verfolgen.

Hebung der Herzspitze. §. 595. Fig. 113 zeigt uns das auf einer Glasplatte *ab* liegende ausgeschnittene Herz eines trächtigen Kaninchenweibchens von der linken Seite her. Die mit Schatten und Lichtern ausgeführte Zeichnung, die dem Zustande der Erschlaffung entspricht, wurde während des Herzschlages entworfen und unmittelbar nach dem Aufhören desselben weiter ausgeführt. Die punktirte Linie bezeichnet die Kammersystole. Sie ist nach Rissen, die während der Thätigkeit des Herzens aufgenommen wurden, eingetragen. *c* bezeichnet die linke Kammer, *d* das linke Herzohr, *e* die linke Vorkammer, *f* die Aorta und *ghi* die Umrisse des zusammengezogenen Kammertheiles des Herzens.

Fig. 113.



§. 596. Halten wir uns zunächst an diejenige Art des Herzschlages, die Fig. 113 versinnlichen soll, so lag die diastolische Kammer ihrer ganzen Länge nach auf und war von oben nach unten trotz ihrer im Ganzen rundlichen Form merklich abgeplattet. Die kräftige Systole hob die Spitzenhälfte und zwar um so viel, als *ghi* andeutet, in die

Höhe. Sie rundete zugleich die ganze Masse zu, so daß die Querschnitte derselben aus der früheren länglich runden Form in eine mehr kreisrunde übergingen. Eine wahrhaft kegelförmige Gestalt kam weder in stärkeren, noch in schwächeren Systolearten zum Vorschein.

Diese tritt dagegen in dem ausgeschnittenen Froschherzen (Fig. 115.) merklicher, obgleich auch nicht mit mathematischer Genauigkeit hervor. Die Hebung der Herzspitze verräth sich auch hier auf das Deutlichste. Die Erhebungsgröße selbst hängt von der Stärke der Zusammenziehung und der Neigung der Querfurchenebene gegen die Unterlage ab.

§. 597. Hat man auch das Herz von Blut entleert, die Vorkammern und selbst einen beträchtlichen Theil der oberen Hälfte der Kammern hinweggeschnitten, so hebt sich oft noch dessenungeachtet der Spitzentheil im Augenblicke der Systole. Es muß daher die Erscheinung von der Einrichtung der Muskelfasern abhängen. Die Abwesenheit der in der Nachbarschaft der Querfurche gelegenen Masse, von der die meisten, wo nicht alle Muskelfasern der Kammern ausgehen, hebt sie nicht auf. Es kann sogar vorkommen, daß sich die oberen Abschnitte nur unvollkommen zusammenziehen und nicht vollständig runden, oder daß sich der unterste Spitzentheil der größeren Säugethierherzen hakenförmig umkrümmt.

§. 598. Oeffnet man die Brusthöhle eines mit Aether betäubten Kaninchens, so ist es kaum möglich, die verschiedenen Formen, die das klopfende Herz während der Systole und der Diastole annimmt, mit Sicherheit abzuzeichnen. Das Hinderniß liegt nicht sowohl in der Schnelligkeit, mit der die Verkürzung und die Erschlaffung folgen, als darin, daß die unvermeidliche Unregelmäßigkeit der Herzthätigkeit einen merklichen Formenwechsel in den verschiedenen Herzschlägen zur Folge hat. Das langsamer und regelmäßiger klopfende Froschherz führt hier eher zum Ziele. Formenwechsel des klopfenden Herzens.

Fig. 114 und 115 liefert ein Bild dieser Erscheinungen aus einem großen, mit Aether betäubten grünen Grasfrosche. *ab* ist der äußerlich einfache und innerlich in zwei Säcke getheilte Vorhof, *cd* die Querfurche des Herzens, *e* der Spitzentheil der einfachen Kammer *cde*, *f* die Arterienzwiebel und *gh* die beiden Hauptäste der Schlagader.

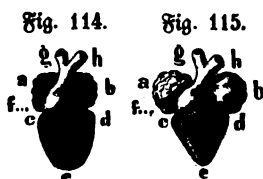


Fig. 114 zeigt die Systole des Vorhofes und die Diastole der Kammer. Jener, *ab*, erscheint verengert und zusammengedrückt, diese, *cde*, dagegen verbreitert und abgeplattet. Fig. 115 liefert die Anschauung der Diastole der strotzend angefüllten Vorhofssäcke *ab* und der kegelförmig oder rundlich pyramidal gewordenen systolischen Kammer *cde*, deren bei *ce* befindlicher Rand nach unten abfällt. Die Schatten beider Fi-

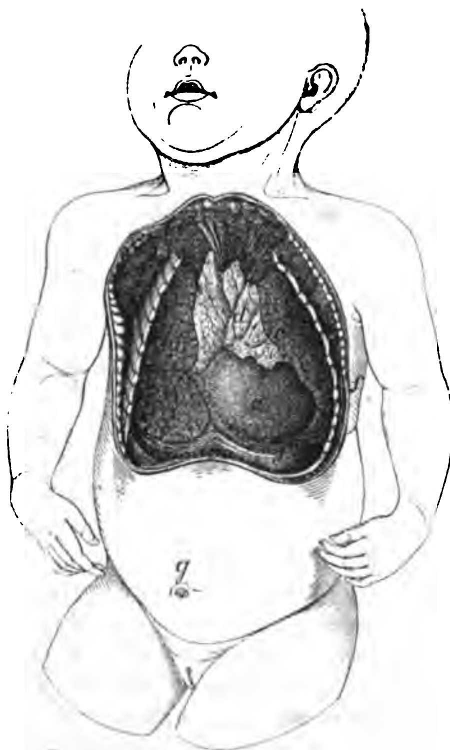
guren sind etwas dunkler gehalten, um den Unterschied stärker hervortreten zu lassen.

§. 599. Ludwig [17]) nimmt nach seinen vorzüglich an Katzen gemachten Versuchen an, daß die Kammern zu einer beständigen und zwar kegeligen Form während der Systole zu gelangen suchen. Die Gestalten, die das ausgeschnittene Herz in der Diastole hat, wechseln dagegen mit Verschiedenheit der Nebenverhältnisse.

Herzstoß. §. 600. Man kann das Klopfen des Herzens in jedem ruhig athmenden Menschen in der Gegend der fünften bis sechsten Rippe der linken Seite deutlich fühlen. Die die Kammersystole begleitende Erschütterung verräth sich sogar dem Auge in mageren Personen oder in Leuten, deren Herzschlag kräftiger ausfällt. Man hat über die Ursache dieses Herzstoßes oder des in dem unverschrten Geschöpfe sichtbaren Herzschlages vielfach gestritten, ohne daß der Gegenstand selbst jetzt noch erledigt wäre.

§. 601. Betrachten wir die Fig. 9 S. 35 gegebene Darstellung der Lage der menschlichen Brust- und Baucheingeweide, so sehen wir, daß ein großer Theil der Kammern *a* der Brustwand *δ* und dem Zwerchfell *mno* nahe anliegt. Fig. 116 zeigt uns die von vorn geöffnete Brusthöhle eines achtmonatlichen Kindes, das durch die künstliche Frühgeburt zur Welt kam und zwei Tage darauf gestorben war. Man bemerkt hier ebenfalls, wie der Spitzentheil der Kammern *a*, Fig. 116, der Gegend der fünften bis sechsten Rippe der linken Seite und dem Zwerchfell *e* anliegt. Jener Abschnitt des Brustkorbes bildet aber gerade den Bezirk, an welchem man den Herzschlag des lebenden Geschöpfes durchfühlt. Eine von Kiwisch gemachte Erfahrung beweist, daß sich der Anschlag der Spitzenhälfte auch in einer anderen Gegend der Brustwände geltend macht. Oeffnet man nämlich den Unter-

Fig. 116.



leib lebender Säugethiere, so fühlt man den Herzstoß an den dem Herzen benachbarten Abschnitten des Zwerchfelles durch.

§. 602. Zweierlei willkührlich einzuleitende Nebenverhältnisse können den Herzstoß für den Augenblick unkenntlich machen. Lehnt man sich schief nach hinten an und athmet möglichst tief ein, während die aufgelegte Hand den Herzschlag verfolgt, so findet man, daß er nach und nach undeutlicher und endlich gänzlich vermißt wird. Fig. 117 kann uns die wahrscheinliche Ursache dieser Erscheinung darlegen. Die Lungen *bc*, die in Fig. 116 zusammengefallen waren, sind hier von der Luftröhre aus (unterhalb *f*) künstlich aufgeblasen worden. Man sieht, wie sich dann ein Theil der linken Lunge *c* zwischen den entsprechenden Abschnitten des Herzens und der Brustwand einschiebt. Da aber die mit Gasen gefüllten Luftröhrenverzweigungen die Erschütterungen unvollkommen fortpflanzen, so wird auch der Herzstoß minder scharf hervortreten können. Wendet man sich im Bette von der linken auf die rechte Seite, so kann der fühlbare Herzschlag ebenfalls hinwegfallen. Diese Thatsachen lehren jedenfalls, daß das luftdicht eingeschlossene Herz an der Brustwand nicht unter allen Verhältnissen angepreßt bleibt.

Fig. 117.



§. 603. Zieht sich eine Muskelmasse zusammen, so verkleinert sich die Länge ihrer Fasern, während die Querdurchmesser an Größe gewinnen. Da die meisten Fasern der Kammern, wenn auch in schiefen Bahnen, doch von der Grundfläche nach der Spitze (von *c* nach *u*, Fig. 100, S. 184.) dahinstreichen, so läßt sich erwarten, daß sich die Ventricularwände im Augenblicke der Zusammenziehung verdicken. Sie werden dann gegen die benachbarten Festgebilde angepreßt werden. Kiwisch leitete den Herzstoß aus dieser Ursache her. Er schwindet daher auch nach ihm nach der Eröffnung der fast luftdicht geschlossenen Brusthöhle, weil die einstürzende Atmosphäre das Herz von seinen regelrechten Nachbartheilen, vorzüglich den weicheren Zwischenrippenmuskeln hinwegdrängt.

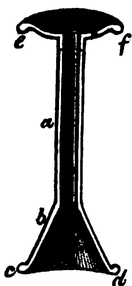
§. 604. Da es vorläufig dahingestellt bleibt, ob jene Verdickung der Herzwände den kräftigen Anstoß erzeugen kann und das Herz jedenfalls nicht völlig unbeweglich befestigt ist (§. 602.), so ist hierdurch die ältere Annahme, daß die §. 597 erwähnte Hebung des Spitzentheiles die

Hauptursache des Herzstoßes bildet, nicht beseitigt. Sie kann möglicher Weise dadurch unterstützt werden, daß die gleichzeitig gefüllten Vorhöfe den Schwerpunkt des gesammten Herzens ändern und sich die Lungenschlagader und die Aorta, an denen jenes aufgehängt ist, zu strecken suchen.

Herztöne. §. 605. Legt man das Ohr in der Gegend, in welcher der Herzstoß geführt wird, an die Brustwand an, so hört man einen ersten tiefen und dumpfen und einen zweiten höheren, helleren und kürzeren Ton während der Dauer eines einzigen Herzschlages.

Drückt man den Trichter *bcd* des in Fig. 118 im Längendurchschnitt dargestellten Hörrohres oder Stethoskopes an die Brustwand, während das Ohr auf der Elfenbeinplatte ruht, so kann man die Herztöne ebenfalls verfolgen.

Fig. 118.



§. 606. Die an Säugethieren angestellten Versuche lehrten, daß der erste Herzton mit der Verkürzung, der zweite dagegen mit der Erschlaffung der Kammern zusammenfällt. Die Entfernung der Brustwände, der Mangel des Herzstoßes hebt die Tönung keineswegs auf. Es muß daher die Erscheinung in den Wechselverhältnissen der einzelnen Herztheile und nicht in den Nebenbeziehungen zu den Nachbarmassen begründet sein.

§. 607. Das Spiel der Ventile mancher hydraulischer Vorrichtungen führt zu deutlichen Tonbildungen. Bedenken wir nun, daß der erste Ton mit der Systole oder dem Schlusse der venösen Klappen, der zweite dagegen mit der Diastole oder der Schließung der halbmondförmigen Klappen zusammenfällt (§. 587.), so können wir vermuthen, daß die beiden Herztöne Ventiltöne sind, die von den Schwingungen der angeschlagenen gespannten Klappenhäute herrühren. Die Schallwellen pflanzen sich dann durch feste oder tropfbar flüssige Massen sehr gut fort. Gase hingegen setzen eher größere Hindernisse entgegen. Die Herztöne werden daher auch unkenntlicher, so wie sich die mit Luft gefüllte Lunge vor der Herzmasse bei dem tiefen Einathmen vorlegt (§. 602.).

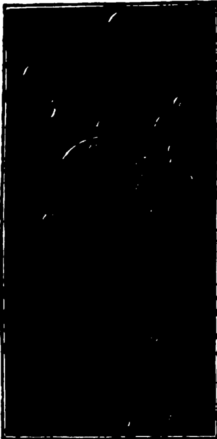
§. 608. Viele Forscher haben den ersten Ton als ein bloßes Muskelgeräusch, d. h. als eine die Verkürzung der Muskelfasern begleitende Erscheinung angesehen. Der Herzton weicht aber von den Tonbildungen, die man während der Zusammenziehung des zweiköpfigen Armmuskels oder der Bauchmuskeln hört, wesentlich ab. Jener wächst auch nicht mit der Stärke der Systole.

Kranzgefäße des Herzens. §. 609. Die Gesammtmasse der zur rechten Kammer hervorgestoßenen Blutmenge begiebt sich in die Lungen oder zu einem dem Herzen fern liegenden Körpertheile. Die Flüssigkeit dagegen, welche die linke Kammer in die Aorta treibt, bietet andere Verhältnisse dar. Eine wenn auch verhältnißmäßig geringe Menge derselben kehrt gewissermaaßen zum Herzen selbst zurück. Sie dringt in die unmittelbar über den halbmondförmigen Klappen gelegenen Mündungen der Kranzschlagadern (*mn*,

Fig. 110, S. 192.). Da die Anfangstheile von diesen an der Oberfläche der Kammern dahingehen, so wird auch die kräftigste Systole den Eintritt des Blutes nicht hindern. Sticht man eine Kranzschlagader in einem lebenden Hunde an, so tritt zwar der Blutstrahl nach Kleefeld anhaltend hervor. Er verstärkt sich aber mit jeder Kammerzusammenziehung und läßt dann zur Erschlaffungszeit wiederum nach. Die Herzblutadern entleeren ihr Blut in die rechte Vorkammer zur Zeit der Erweiterung derselben.

§. 610. Stellen wir uns vor, *a*, Fig. 119, bezeichne den Anfang des Aortensystems, so stößt jede Kammersystole eine gewisse Menge Blutes in *a* hinein. Diese Erscheinung fehlt hingegen zur Zeit der Diastole. Die von dem Herzen ausgehende Triebkraft arbeitet daher nicht ununterbrochen. Thätigkeit und Ruhe wechseln vielmehr fortwährend ab. Da die Schlagaderanfänge alles von Neuem hineingepreßte Blut nicht aufnehmen können, so rückt die gesammte in den Pulsadern enthaltene Blutsäule eine gewisse Strecke im Augenblicke der Kammerzusammenziehung weiter fort. Wirkung der Elasticität der Schlagaderwände.

Fig. 119.



§. 611. Wir wollen zunächst annehmen, die Schlagaderwände gäben gar nicht nach und *deghi* bezeichneten die Uebergangsbezirke des Arteriensystems in die Haargefäße. Würde nun eine gewisse Menge Blutes von *a* aus in *abc* eingetrieben, so müßte eine gleiche Flüssigkeitsmasse aus *d*, *e*, *g*, *h*, *i* auf der Stelle hervortreten. Da dieses noch vor dem Ende der Diastole geschehen wäre, so würde die Blutadersäule einen Wechsel von Bewegung und Ruhe liefern. Jede Kammersystole müßte daher mit ihrem Stoße von Neuem anfangen.

§. 612. Wir haben schon §. 57 gesehen, daß die Schlagaderwände einen bedeutenden Grad von Spannkraft besitzen. Da wir die bei *a* Fig. 119 dargestellte Biegung für spätere Betrachtungen brauchen werden, so wollen wir die Einflüsse, welche die Elasticität ausübt, an dem geraden Stücke *khi* der Einfachheit wegen zuerst betrachten.

§. 613. Die Systole, die eine gewisse Flüssigkeitssäule hervorpreßt, liefert einen Druck, der auf den Querschnitt *kq* zunächst einwirkt. Da sich aber die Spannung der Flüssigkeiten nach allen Seiten hin gleichförmig fortpflanzt (§. 81.), so wirkt sie an und für sich eben so gut auf den Querschnitt *kq*, als auf die Seitenwände *km* und *qr*. Sie begegnet hierbei gewissen Widerständen in beiderlei Richtungen, dem der schon vorhandenen Blutsäulen in *kq* und dem des Beharrungsvermögens der Seitenwände *km* und *qr*.

Wären diese vollkommen starr, so könnte die Druckkraft nur so viel von *kq* nach *mr* verdrängen und neue Flüssigkeit einschieben, als ihr

Ueberschuß über den von den vorhandenen Blutsäulen gelieferten Widerstand, den wir uns wieder als eine gewisse entgegenstrebende Druckhöhe vorstellen dürfen (§. 103.), beträgt. Da aber die Schlagaderwände elastisch sind, so wird sich zunächst ein gewisser Abschnitt bauchig ausdehnen und z. B. aus *km*, Fig. 120, in *klm* übergehen. Die Erweiterung des Querdurchmessers *ls* führt aber zu einer örtlichen Capacitätsvergrößerung. Es theilt sich die Gesammtmenge der eingetriebenen Flüssigkeit. Eine gewisse Quantität verdrängt die schon vorhandene Blutsäule und schiebt sie daher peripherisch weiter. Eine andere dagegen wird für die Erweiterung des Schlagaderrohres in Anspruch genommen.

§. 614. Denken wir uns nun, die Kammersystole höre auf, so fehlt auch die Druckkraft, deren nächste Wirkungen wir eben betrachtet haben. Es mangelt die Spannung, welche die Schlagaderwände ausgedehnt erhielt. Ein elastischer Körper strebt aber dann zu seiner früheren Form zurückzukehren (§. 51.). Er giebt den Druck, den er vorher empfangen hat, zurück. Suchen *klm* und *qsr* in ihre vorige Lage zurückzukehren, so drücken sie auf die in ihnen enthaltene Blutsäule. Diese könnte aber zunächst nach beiden Seiten hin, von *mk* nach *a* zu und nach *hi* hin ausweichen. Die Kraft, die nach *a* zu wirkt, stellt die halbmondförmigen Klappen bei *a*, wie dieses auch schon in *c*, Fig. 111, S. 193, abgebildet worden. Der unzweckmäßige centrale Rückgang nach dem Herzen zu ist daher augenblicklich versperrt. Die elastische Rückwirkung von *klm* und *qsr* kann deshalb die Blutsäule nur peripherisch vorwärts treiben.

Fig. 120.



§. 615. Wir sehen hieraus, daß die elastische Beschaffenheit der Schlagaderwände einen doppelten Nutzen darbietet. Sie schließt die halbmondförmigen Klappen, verhütet den unzweckmäßigen Rückgang des durch die frühere Systole eingetriebenen Blutes und macht es möglich, daß die diastolische Kammer neue Flüssigkeit von der Vorkammer ausschließlich aufnimmt. Sie liefert überdies eine eigene Druckkraft, die während der Erschlaffung des Ventrikels thätig ist. Diejenige, welche die Kammerdiastole ursprünglich erzeugt, theilt sich hierbei. Eine gewisse Größe derselben, die für die elastische Ausdehnung der Schlagadern augenblicklich verloren ging, wird gleichsam in dem nächstfolgenden Momente der Diastole zurückbezahlt, damit die Blutsäule nie zur Ruhe komme, damit sie nur mit verhältnißmäßig beschleunigter Geschwindigkeit während der Zusammenziehung und mit verzögerter während der Erweiterung der Kammer fließe. Hat man eine Schlagader in einem lebenden Menschen oder Thiere durchschnitten, so erhält man einen Blutstrahl, der nie völlig unterbrochen wird, der nur zur Zeit der Kammerzusammenziehung

größer ausfällt. Diese fortwährende Unruhe des Schlagaderblutes liefert einen unausgesetzten Blutstrom, der eine absolut geringere Druckkraft in Anspruch nimmt.

Wellenbewegung der Schlagadern und des in ihnen enthaltenen Blutes.

§. 616. Die vorzüglich von Frey[18]) genauer untersuchten Wellenverhältnisse des Schlagaderkreislaufes gestalten sich verwickelter, als wir bis jetzt angenommen haben. Es würde zu weit führen, selbst nur die wichtigeren Einzelnheiten genauer zu verfolgen. Wir wollen uns daher auf einige der bis jetzt bekannteren Hauptpunkte zu beschränken suchen.

§. 617. Die elastischen Gewebe der Schlagadern gehen in schiefen Bahnen und zwar theils mehr der Länge, theils mehr der Quere nach dahin. Die eingepreßte Flüssigkeit wird daher die Röhren in beiderlei Richtungen auszudehnen suchen. Da der Bau, die Faserverflechtung und die Elasticitätscoefficienten mit der Verschiedenheit der Gefäße wechseln, so müssen auch die Größe und die Art dieser Veränderung in den einzelnen Pulsadern abweichen. Dazu kommt noch, daß die Widerstände, welche dem Fortrücken der Blutsäule entgegenstehen, mit den Theilungen, den Biegungen, der Menge und der Gestalt der Haargefäße wechseln können.

§. 618. Während die Kammerzusammenziehung ihr Blut in den Anfang des Schlagadersystems *a*, Fig. 120, eintreibt, fließt eine gewisse Menge desselben aus den unteren Enden *d*, *e*, *g*, *h*, *i* in die Haargefäße ein. Jene Erscheinung führt zu Erweiterungs- oder Spannungswellen *k l m* und *q s r*, die peripherisch, diese dagegen zu Verengerungs- oder Abspannungswellen *n o p*, die central dahin laufen. Beiderlei Wellen werden sich zu bekämpfen suchen. Da aber während der Dauer der Systole mehr Blut eingetrieben wird, als aus dem Ende des Arteriensystems davon geht, so können die Spannungswellen als Sieger, wenn auch in etwas verminderter Größe peripherisch dahin eilen.

§. 619. Hört der Herzdruck mit dem Ende der Kammersystole auf, so strebt die elastisch verlängerte und verbreiterte Schlagader zu ihrem früheren Umfange zurückzukehren. Der fortdauernde Ausfluß in die Haargefäße liefert Abspannungswellen, die central, die Füllung der halbmondförmigen Taschen dagegen eine, wenn auch sehr geringe Abspannungswelle, die peripherisch verläuft. Da aber der Rückweg in das Herz binnen Kurzem geschlossen ist, so müssen dann die auf ihren früheren Zustand zurückkommenden Schlagaderhäute nur wellenartig fortgehende Triebkräfte für den peripherischen Blutlauf liefern. Die völlige Rückkehr zu dem früheren Zustande kann erst dann zu Stande kommen, wenn der Ueberschuß, den die Systole erzeugt hat, im Laufe der Diastole in die Haargefäße entleert worden.

§. 620. Die Länge der elastischen Röhren, die Reibungs- und Adhäsionswiderstände des Blutes (§. 105.), der Wellenreflex und die anderen Hindernisse, die an den Theilungen, den Krümmungen und den in ihrer Gesammtmasse das Flußbett vergrößernden Verzweigungen auftreten, werden die Höhen der fortschreitenden Spannungswellen, wie es zwischen *k* und *n*, Fig. 120, S. 200, schematisch angedeutet worden,

allmählig erniedrigen und endlich zum Verschwinden bringen. Es müssen daher die Wellenvolumina, nicht aber nothwendiger Weise die Wellenlängen, je mehr sie sich in den Verzweigungen ausbreiten, abnehmen.

§. 621. Manche Arterien, wie die Halsschlagader des Hundes, scheinen sich der Länge nach stärker, als in der Querrichtung dehnen zu lassen. Es wird daher auch wahrscheinlich die Verlängerung über die Verbreiterung im Leben vorherrschen. Sind solche Schlagaderstämme in ihrem Verlaufe lockerer, als in ihren Endtheilen befestigt, so krümmen sie sich deshalb, so bald sich die Wirkung der Kammersystole in ihnen geltend macht. Die punktirte Linie *abc*, Fig. 120, sucht dieses in vergrößertem Maaßstabe anzudeuten. Geschlängelte Pulsadern biegen sich deshalb stärker, wie es Fig. 121 ideell versinnlicht. Die aufsteigende Aorta (*a*, Fig. 120.) wird sich zu strecken streben.

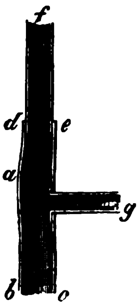
Fig. 121.



Ende- und Seitendruck des Schlagaderblutes

§. 622. Der S. 32, Fig. 8 abgebildete Blutkraftmesser, der den Druck, die Spannung oder die Stromkraft des Blutes anzeigt, kann in doppelter Weise in die Schlagadern eingefügt werden. Denken wir uns, *a*, Fig. 122, sei eine Arterie, deren centrales Ende in *bc* liegt, so wird ihr Blut in der Richtung des Pfeiles dahingehen. Setzt man nun das Ende *f* des Blutkraftmessers in das Stück *de* der durchschnittenen Schlagader ein, so wird das Blut auf die Quecksilbersäule des Manometers drücken. Es kann aber seine gewöhnliche Bahn nicht weiter verfolgen. Bringt man hingegen den Ansatz *g* des Blutkraftmessers seitlich an, so vermag der Blutstrom nach den Schlagaderverzweigungen weiter zu fließen. Da sich der Druck der tropfbar flüssigen Körper nach allen Seiten hin gleichartig fortpflanzt (§. 81.), so wird das mit *g* verbundene Manometer denselben Druck, den man in *f* erhalten würde, angeben können.

Fig. 122.



§. 623. Die Spannung des Schlagaderblutes fällt so bedeutend aus, daß man Quecksilber als Anzeigeflüssigkeit des Blutkraftmessers gebrauchen muß (§. 82.). Die eine Säule (in *b*, Fig. 8, S. 32.) geht dann um eine gewisse Größe hinab und die andere (*c*, Fig. 8.) hinauf. Sie bleibt aber nicht auf dieser Gleichgewichtsverrückung stehen, sondern schwankt unter zweierlei Hauptbedingungen. Der Druck kann sich unter dem Einflusse des Herzschlages und dem der Athembewegungen sichtlich verändern.

Druckgröße des Schlagaderblutes.

§. 624. Der mittlere Druckwerth, auf den man in den größeren Schlagadern der Säugethiere zu stoßen pflegt, beträgt ungefähr 15 bis 16 Centimeter Quecksilber. Dieses giebt 2 bis 2,2 Meter Wasser- und 1,9 bis 2 Meter Blutdruck (§. 87.). Hatte Hales eine hinreichend lange Glasröhre in die Carotis des Pferdes eingefügt, so stieg die Blut-

säule in der That um mehr als 2 Meter in die Höhe, ehe ihre Wirkung der Stromkraft des Blutes das Gleichgewicht hielt.

§. 625. Da sich die Einflüsse der Athembewegungen nachdrücklicher geltend machen und in jenem Versuchsverfahren vor Allem in die Augen fallen, so wollen wir diese zunächst betrachten. Athmet das Thier stärker ein, so dehnt sich der Brustkasten beträchtlicher aus. Die Raumerweiterung bedingt einen negativen Druck. Der äußere Druck der Atmosphäre treibt daher Ergänzungsmassen, wo er sie findet, so lange ein, bis sich seine Spannung mit der der Brusthöhle ausgeglichen hat, bis die verdünnende Wirkung der Raumerweiterung durch Anfüllung aufgehoben worden. Wir werden in der Athmungslehre kennen lernen, daß diese Erscheinung die Athmungsluft in die Lungen drängt. Da sich aber die in der Brusthöhle eingeschlossenen Gefäße in die außerhalb derselben verlaufenden unmittelbar fortsetzen, so wird auch ihr flüssiger Inhalt dem Zuge theilweise folgen müssen. Nun strömt das Schlagaderblut peripherisch oder in der Richtung von der Brust nach den übrigen Körpertheilen, während die Lymphe und das Venenblut den entgegengesetzten Weg verfolgen. Die Athmungsaspiration wird daher eine Druckgröße liefern, die der Spannung des Schlagaderblutes als negativer Werth entgegensteht, die der Lymphe (§. 559.) und des Venenblutes dagegen als positiver erhöht. Da die Ausathmung eine Raumverminderung des Brustkastens und daher einen nach der Peripherie gerichteten positiven Druck bedingt, so wird sie die Stromkraft des Schlagaderblutes erhöhen können. Diese Erscheinungen machen sich in den tieferen Athembewegungen auf das Nachdrücklichste geltend. Ihr Einfluß schwindet jedoch in der Regel so gut als gänzlich in dem ruhigen Athmen nicht sehr erregbarer Thiere, wie z. B. der gesunden Pferde. Athmungseinflüsse.

Betrachten wir einen der gewöhnlichsten Fälle, so zeigte z. B. der seitlich in die Carotis eines kleinen schwarzen Haushundes eingefügte Blutkraftmesser 140 Mm. als den niedersten Werth der Ein- und 212 als den höchsten der Ausathmung. Dieser betrug daher ½ Mal so viel, als jener.

§. 626. Hatten Ludwig und Sprengler einen Blutkraftmesser in die Halsschlagader und einen zweiten in die Kiefer- oder die äußere hintere Mittelfußschlagader des Pferdes eingesetzt und verfolgten sie das gleichzeitige Spiel beider Manometer, so fand sich, daß die von den tieferen Athembewegungen herrührenden Schwankungen in den kleineren, von dem Herzen entfernteren Schlagadern schwächer ausfielen. Die Carotis ergab z. B. 128 und 168, die Kieferschlagader dagegen 124 und 132 Mm. Die Halsschlagader eines zweiten Pferdes lieferte 90 und 166, die Mittelfußschlagader dagegen 138 bis 140 Mm. Wir werden später sehen, daß die Athmungsschwankungen in den kleinsten Pulsadern und den Haargefäßen nicht mehr erkannt werden.

§. 627. Verfolgt man die Erscheinungen unter den günstigsten, bald zu erwähnenden Nebenbedingungen der Athmungsverhältnisse, so sieht man, daß sich die Quecksilbersäule während der stärkeren Ausath-

mung stoßweise erhebt. Sie steigt mit jeder Systole der linken Kammer, geht während der Diastole etwas zurück, hebt sich während der zweiten Systole noch mehr u. s. f. Hat sie ihre größte Ausathmungshöhe erreicht, so geht sie dann während der späteren längeren Einathmung gleichförmiger oder wenigstens mit selteneren oder unmerklicheren Stößen herunter.

Einfluß der Systole und Diastole der linken Kammer.

§. 628. Die durch die Kammerzusammenziehung bedingte Hebung der Anzeigesäule betrug z. B. meistentheils 1 bis 1½ Mm. in dem oben erwähnten Hunde. Die Systole erhöhte daher den Druck um 2 bis 5 Mm. Quecksilber (§. 86.). Sie kann jedoch in anderen Fällen kleiner ausfallen oder sich umgekehrt, vorzüglich unter begünstigenden Nebenverhältnissen, auf 10 Mm. und selbst mehr erhöhen.

Druckcurven des Schlagaderblutes.

§. 629. Ludwig [19]) richtete sich seinen Apparat so ein, daß die auf- und niedergehende Quecksilbersäule des Manometers einen Schwimmer in Bewegung setzte. Dieser trug eine Schreibfeder, welche die Schwankungen auf einem Papierblatte aufzeichnete. Das Letztere war auf einem Cylinder, den ein Uhrwerk um seine senkrechte Körperachse in einer bekannten Zeit gleichförmig herumdrehte, befestigt. Man erhielt auf diese Weise graphische Darstellungen, wie sie A, A', A'', Fig. 123, versinnlichen. Sie lieferten nicht bloß bleibende Ausdrücke der Schwankungen, sondern ließen auch die zu ihnen gehörenden Zeitwerthe genauer bestimmen. Hatte man eine kleine, an einer Röhre befestigte Blase durch einen Schlitz der Weichgebilde in den Brustkasten eingeschoben, luftdicht geschlossen, mit Wasser gefüllt und mit einem zweiten, ähnlich eingerichteten Blutkraftmesser verbunden, so erhielt man eine neue Linie B, B', B'', welche die in der Brusthöhle Statt findenden Druckschwankungen wenigstens ungefähr angab.

Fig. 123.



§. 630. Dieses scharfsinnige Verfahren bekräftigte zunächst die schon §. 625 erwähnte Thatsache, daß die ruhige Athmung eines nicht sehr erregbaren Thieres, wie des Pferdes, das überdies wenig Herzschläge (35 bis 45 in der Minute) darbietet, auf die Stromkraft des Schlagaderblutes nicht merklich einwirkt. Die einzelnen neben einander liegenden Berge und Thäler der Blutcurve A, Fig. 123, stimmen größtentheils überein, obgleich die Athmungscurve B deutliche, wenn auch geringe Erhebungen und Senkungen darbietet.

Macht sich der Einfluß der stärkeren Ausathmung geltend, so wird sie die systolische Erhöhung des Druckes verstärken, der diastolischen Erniedrigung dagegen entgegenwirken. Man kann die Richtigkeit dieses Schlusses in den gewöhnlichen, am Hunde angestellten Versuchen häufig genug ohne Weiteres bemerken. Es ereignet sich hierbei, daß die Anzeigesäule während der Diastole nicht zurückgeht, sondern stehen bleibt oder

sogar auch noch emporsteigt. A' und B', Fig. 124, giebt eine graphische Darstellung dieser Verhältnisse aus der Halsschlagader des Hundes.

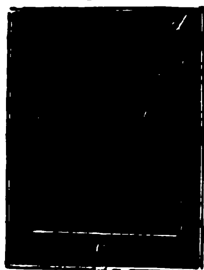
Die Einathmung wird umgekehrt die systolische Hebung beeinträchtigen, die diastolische Senkung dagegen unterstützen helfen. Wir können daher ein fortlaufendes, ununterbrochenes oder mit geringen Einzelhebungen vermischtes Sinken der Blutcurve erhalten. A'' B'' wird dieses aus der Carotis des Pferdes versinnlichen.

Gleichheit des Blutdruckes in verschiedenen Säugethieren.

§. 631. Die umfangreicheren Arterien des größten und des kleinsten Hundes verrathen keine wesentlichen beständigen Unterschiede an dem Blutkraftmesser. Die Ausathmung kann die Quecksilbersäule in dem kleinsten Mopse eben so hoch, als in dem Pferde emportreiben. Versucht man es, das Manometer in die Carotis von Kaninchen oder Meerschweinchen einzufügen, so erhält man in der Regel etwas niederere gewöhnliche Stromkräfte. Man findet z. B. meist etwa nur 105 bis 135 Mm. Es wäre möglich, daß hier ein geringer Nachtheil in der Natur der Sache begründet wäre. Man überzeugt sich aber, daß die Feinheit der Schlagader, der hierdurch bedingte Gebrauch sehr dünner und endständig einfügbarer Ansatzröhren (§. 622.), die leichtere Erzeugung einzelner kleiner Blutpfröpfe und der verhältnißmäßig größere Blutverlust des Thieres Nebenhindernisse bereiten, aus denen jene geringen Werthe ebenfalls hervorgehen können.

§. 632. Die Gleichheit der Stromkraft des Schlagaderblutes des kleinsten Hundes und des größten Pferdes bildet keine Erscheinung, die mit den übrigen Kreislaufsverhältnissen in Widerspruch stände. Denkt man sich die Fig. 124 gezeichnete Vorrichtung bis *abgh* mit Flüssigkeit gefüllt und irgend eine der Druckhöhe *eg* gleiche Kraft (§. 102.) wirke von *gh* aus, so wird die auf eine gegebene Zeiteinheit kommende Ausflußmenge von dem Durchmesser der Ausflußöffnung *ab* wesentlich abhängen (§. 81.). Beide Werthe wachsen und fallen unter sonst gleichen Verhältnissen in ähnlicher Weise. Der Blutkraftmesser zeigt aber nur die Druckhöhe *eg* an. Der Hohlraum der linken Kammer, von dem die Masse der im Augenblicke zu Gebote stehenden Flüssigkeit abhängt, und die Ausflußöffnung in die Aorta, welche *ab* entspricht, sind den übrigen Kreislaufsverhältnissen gemäß eingerichtet. Es kann daher die Druckhöhe *eg* die gleiche bleiben, ohne daß die dem Körperumfange und den übrigen Einrichtungen entsprechende Ausflußmenge beeinträchtigt wird.

Fig. 124.



Blutdruck in der Lungenarterie.

§. 633. Hat man ein gesundes Herz von allem Fette möglichst gereinigt und schneidet die freien Wände des rechten und des linken Ventrikels von der gemeinschaftlichen Scheidewand los, so findet man, daß der der linken Kammer zukommende Antheil ein nahebei doppelt so großes Volumen oder Gewicht, als der, welcher der rechten Kammer entspricht,

darbietet. Denkt man sich nun beide Ventrikel als zwei an einander gefügte Säcke, in denen die Scheidewand in entsprechendem Maaße vertheilt ist, so ergiebt sich, daß der rechte halb so viel Muskelmasse, als der linke besitzt. Nun haben wir früher gesehen, daß der Rauminhalt der Ventrikularhöhlen im Leben wahrscheinlicherweise gleich ausfällt. Die Ausflußöffnungen in die Lungenschlagader und die Aorta bieten fast dieselbe Größe ebenfalls dar. Macht man unter diesen Verhältnissen die Druckhöhen von den Gesammtsummen der Muskelmassen abhängig, so darf man vermuthen, daß die Quecksilbersäule eines in den Anfang der Aorta gefügten Blutkraftmessers doppelt so hoch, als die eines zweiten, der sich in dem Stamme der Lungenschlagader befindet, steigen wird.

Es kommt krankhafter Weise vor, daß das Herz eines neugeborenen Menschen oder Thieres zu einer Spalte der gegenüberliegenden Brustwand frei heraushängt. Diese Mißbildung, die man mit dem Namen der Ektopie des Herzens bezeichnet, rührt von regelwidrigen Entwickelungsverhältnissen her. Es giebt einen Zeitpunkt der Embryonalausbildung, in der ein ähnlicher Vorfall des Herzens zur Norm gehört.

Hering [20]) benutzte die seltene Gelegenheit einer solchen Formabweichung, die sich ihm in einem lebenden Kalbe darbot, um die Druckverhältnisse des Herzens unmittelbar zu untersuchen. Er fügte eine hinreichend lange Glasröhre in die rechte, eine zweite in die linke Kammer und eine dritte in den rechten Vorhof ein. Das Blut stieg natürlich so weit in die Höhe, als der hydrostatische Druck der Flüssigkeitssäule von den Kräften der entsprechenden Herztheile getragen werden konnte. Das Minimum der rechten Kammer gab 517 und das der linken 860 Mm. Die Maxima waren 602 und 974 Mm. Es verhielt sich mithin der für den rechten Ventrikel erhaltene Druckwerth zu dem des linken, wie 1 : 1,7. Der rechte Vorhof ergab 201 Mm. oder ungefähr 1/3 der rechten Vorkammer. Die Zusammenziehung jedes Ventrikels trieb dessen Blutsäule um 43 bis 57 Mm. und die des rechten Vorhofes die ihrige um 15 bis 29 Mm. empor.

517 Mm. Blutdruck entsprechen 43 Mm. Quecksilberdruck. Eben so geben 974 Mm. Blut 76 Mm. Quecksilber. Man sieht, daß diese Druckgrößen beträchtlich kleiner ausfielen, als die, welche mit dem Blutkraftmesser in größeren Schlagadern erhalten werden (§. 624.). Obgleich das Kalb 11 Tage nach der Geburt untersucht wurde, so ist es doch nicht wahrscheinlich, daß das zarte Alter des Geschöpfes den Unterschied zu erklären vermag. Man darf vielmehr mit Recht annehmen, daß die durch die Mißbildung bedingten regelwidrigen Verhältnisse und die freie Lage des Herzens außerhalb der Brusthöhle die geringen absoluten Werthe in jener merkwürdigen Beobachtung bedingten.

Verkürzungsvermögen der Schlagaderwände.

§. 634. Wir haben bis jetzt nur die Schlagadern als elastische Röhren aufgefaßt. Die mannigfachen elastischen Fasern, die in ihren Wandungen vorkommen (Taf. III. Fig. XLII. und XLIV.), und wahrscheinlich auch die gleichartigen und sogenannten gefensterten Häute (Taf. III. Fig. XLIII.)

bilden die Träger dieser für den Kreislauf so wichtigen Eigenschaft. Die Erfahrung lehrt überdies, daß die Schlagadern ein gewisses Verkürzungsvermögen besitzen. Läßt man die Schläge des Magnetelektromotors (§. 248.). anhaltend einwirken, so schnürt sich bisweilen die Schlagader in dem Nachbarbezirke der anliegenden Leitungsdräthe beträchtlich ein, um zu ihrer früheren Rundung nach längerer Ruhezeit zurückzukehren.

§. 635. Hat man die Carotis eines lebenden Thieres bloßgelegt, so verräth sich keine Erscheinung, die ein augenblickliches Verkürzungsvermögen irgend wie darthäte. Man bemerkt keine Spur von Wurmbewegung. Kein Durchmesser der Schlagader wechselt so rasch, daß sich die Veränderung Schritt für Schritt mit dem freien Auge verfolgen ließe. Selbst künstliche mechanische Reize bleiben meistentheils, wo nicht immer erfolglos.

§. 636. Ist ein stärkerer Arterienzweig bei Gelegenheit einer Gliedabsetzung oder einer anderen Verwundung durchschnitten worden, so zieht er sich der Länge nach zurück. Man könnte diese Thatsache als eine bloße Folge der Elasticität der Wände zu deuten suchen. Es ereignet sich aber, daß sich der Querdurchmesser in beträchtlichem Grade gleichzeitig verkleinert. Nicht der bloße Mangel der Spannung und noch weniger die Elasticität können dieser Erscheinung zum Grunde liegen, weil die Lumina nicht belasteter Schlagadern offen bleiben. Es macht sich daher hier wahrscheinlich das Verkürzungsvermögen geltend. Die Einwirkung des kalten Wassers erleichtert den Verschluß der Durchschnittsöffnung. Sollte dieses in der Beförderung der Gerinnung nicht ausschließlich begründet sein, so würde es einen neuen Grund liefern, weshalb die lebendige Zusammenziehung der Schlagaderwände in jenem Falle entscheidend durchgreift.

§. 637. Die Gefäßeinspritzung eines eben getödteten Pferdes mißlingt häufig, weil viele Schlagadern so gut als gar keine Hohlräume darbieten. Wiederholt man dagegen die Beobachtung an dem folgenden Tage, so dringt die Masse in die wiederum frei gewordenen Höhlen mit Leichtigkeit ein. Man kann zweierlei Deutungen dieser Erscheinung zum Grunde legen. Haben der Kreislauf und die Athmung nach dem Tode aufgehört, so ist auch eine gewisse Spannung, die auf den Schlagaderwänden lastet, hinweggefallen. Sie werden sich daher dem entsprechend verengern. Da aber der Verschluß der Lumina von dieser Erscheinung allein nicht abhängen kann, so wäre es möglich, daß ein Krampf der einer lebendigen Verkürzung fähigen Gewebtheile das Ganze zu Ende führte. Eine andere Erklärung läge in den Verhältnissen der Todtenstarre. Diese besteht in einer physikalischen Veränderung der der Verkürzung fähigen Gewebe, die gleichsam den ersten Grad ihrer Fäulniß durch eine Zusammenziehung anzeigen, später aber unter dem Einflusse der fortschreitenden Zersetzung von Neuem erschlaffen.

§. 638. Manche Thatsachen, die wir in der Betrachtung der Ner-

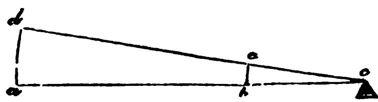
venthätigkeiten kennen lernen werden, deuten darauf hin, daß die lebenden Schlagadern ihre Durchmesser unter verschiedenen Verhältnissen allmählig ändern können. Es ist aber bis jetzt noch nicht gelungen, die Ursachen und selbst nur die äußeren Erscheinungen dieses Wechsels mit genügender Klarheit darzustellen.

Schlagaderpuls. §. 639. Der Puls besteht in den mit den Sinnen unmittelbar kenntlichen Folgewirkungen, welche die Thätigkeit der Herzkammer auf die Schlagadern ausübt. Das Auge, das Ohr und der Tastsinn können die hier in Betracht kommenden Veränderungen darlegen.

§. 640. Man sieht häufig das Klopfen der unter der Haut liegenden oder der überhaupt nur in der Nähe derselben befindlichen Schlagadern. Die leichtere Streckung, die hierdurch bedingte Krümmungsverstärkung (§. 621.) machen sich hierbei nachdrücklicher als die Erweiterung geltend.

§. 641. Läßt ein Mensch die Kniekehle des einen Beines auf dem Kniee des anderen ruhen, so bemerkt man, daß die schwebende Fußspitze mit dem Pulsschlage sichtlich auf- und niedergeht. Die Ausschläge fallen hierbei größer, als an der Schlagader selbst aus. Fig. 125 kann uns den Grund dieser Thatsache klar machen. Gesetzt, abc sei ein um c drehbarer Hebel, so wird der Punkt a den größeren Bogen ad durchlaufen, wenn b nur um be gehoben wird. Verlegen wir die in der Kniekehle befindliche Kniekehlenschlagader nach b, während die Fußspitze in a liegt, so muß diese eine beträchtlichere Excursionsweite ad ebenfalls darbieten.

Fig. 125.



§. 642. Hat man die Halsschlagader eines lebenden Säugethieres bloßgelegt, so kann man die Herztöne mittelst eines passenden auf die Carotis aufgesetzten Stethoskopes (§. 605.) deutlich vernehmen. Man hat sich auch häufig bemüht, Krankheitszustände der Schlagaderwände mittelst jenes Untersuchungsverfahrens auszumitteln.

§. 643. Die gewöhnliche ärztliche Pulsuntersuchung fußt auf den Zeugnissen des Tastsinnes. Man wählt hierzu die unmittelbar unter der Haut liegende Speichenschlagader, seltener andere, ähnliche Verhältnisse darbietende Arterien, wie die Schläfenarterie, die Carotis, die Schenkel-, die Kniekehlenschlagader u. dgl. Man fühlt die Stöße und die Ortsveränderungen, die von der Kammerzusammenziehung ursprünglich ausgehen.

§. 644. Manche Pulsarten, welche die Krankheitslehre unterscheidet, beruhen auf richtigen unmittelbaren Beobachtungen, andere dagegen auf bloßen spitzfindigen Unterschieden, welche die scholastisch-wissenschaftliche Richtung früherer Jahrhunderte in hohem Grade begünstigte. Man muß jedoch zugeben, daß die gegenwärtigen Kenntnisse der Kreislaufserschei-

nungen zur genügenden Erklärung aller Pulsarten keineswegs hinreichen. Die Größe des Druckes, den die Kammerzusammenziehung liefert, die Mengen von Flüssigkeit, die einerseits eingetrieben werden und anderseits in die Haargefäße ausströmen, die Beschaffenheit der auf dem Zwischenwege liegenden Gefäßröhren, der unterstützende oder beengende Einfluß der Athembewegungen und die Zeiten, die für die einzelnen Wechselerscheinungen in Anspruch genommen werden, führen zusammengenommen zu dem Hauptergebnisse, das wir als Puls bezeichnen.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Pulsschlages.

§. 645. Hätten die Schlagadern vollkommen starre Röhren gebildet, so würde sich der Herzstoß in äußerst kurzer Zeit bis zu den entferntesten Arterien fortgepflanzt haben. Die aus der Elasticität der Wände hervorgehenden Wellen nehmen einen verhältnißmäßig größeren Zeitraum für ihre Verbreitung in Anspruch. Da die zwischen je zwei Herzstößen liegende Zeit weniger als eine Secunde in dem erwachsenen Menschen zu betragen pflegt, so wird jener Unterschied nur ein Zeitminimum ausmachen. Läßt sich auch von theoretischer Seite mit Recht erwarten, daß die von dem Herzen entfernteren Schlagadern etwas später, als die Anfangsröhren des Arteriensystems klopfbar werden, so kann es doch nicht befremden, wenn jener kleiner Zeitunterschied in den meisten gewöhnlichen Beobachtungen nicht auffällt. Vergleicht man die Halsschlagader mit der in der Gegend des äußeren Knöchels verlaufenden Pulsader des Wadenbeines, so bemerkt man in einzelnen glücklichen Fällen eine geringe Zeitdifferenz, die ungefähr $1/6$ bis $1/12$ Secunde betragen mag. Es ergiebt sich übrigens von selbst, daß die Größe dieses Werthes mit dem Zustande der Schlagaderhäute und den übrigen Nebenverhältnissen wechseln wird.

Verschwinden des Pulses.

§. 646. Die stoßweiße Blutbewegung nimmt unter regelrechten Verhältnissen um so mehr ab, je weiter wir nach den feineren Schlagaderzweigen fortschreiten, je mehr wir uns den Haargefäßen annähern. Wir werden später sehen, daß ein pulsatorischer Blutlauf nur unter gewissen Ausnahmsverhältnissen in den Capillaren auftritt.

Peripherische Erweiterung des arteriellen Flußbettes.

§. 647. Die größeren Arterienstämme verbinden sich bisweilen durch Zwischenzweige oder Anastomosen. Es kommt hin und wieder vor, daß sie ein dicht gedrängtes Netzwerk, ein sogenanntes arterielles Wundernetz darstellen. Läßt man aber diese selteneren Abweichungen unberührt, so beruht der Charakter der arteriellen Gefäßverbreitung auf der fortwährenden Wiederholung von Gabeltheilungen. Die untergeordneten Zweige verschmälern sich dabei immer mehr, bis sie endlich zuletzt in die nur unter schwachen Vergrößerungen kenntlichen Haargefäße allmählig übergehen.

§. 648. Theilt sich ein Schlagaderstamm *a*, Fig. 126 (s. folg. Seite), in zwei untergeordnete Zweige *b* und *c*, so gilt es als Regel, daß die Summe der beiden Querschnitte *de* und *fg* der neuen Verzweigungen *b* und *c* größer als der Querschnitt *hi* des Hauptstammes *a* ausfällt. Es wird daher das Flußbett allmählig vergrö=

ßert. Man stößt jedoch auch bisweilen auf einzelne regelmäßig wiederkehrende Ausnahmen dieses Gesetzes. Wären *b* und *c* die beiden Hüftschlagadern des Menschen, so würden *de* + *fg* kleiner als *hi*, das dem Endtheile der Bauchaorta angehörte, ausfallen. Anastomosenäste können ähnliche Abweichungen herbeiführen. Die Erweiterung des Flußbettes wird den Blutlauf verlangsamen, die Verengerung dagegen ihn beschleunigen helfen (§. 106.).

Fig. 126.



Peripherische Veränderung des Baues der Schlagaderwände.

§. 649. Verfolgt man den Bau der Schlagaderwände von dem Anfange bis zu dem Ende des Arteriensystems, so findet man, daß die Gewebtheile der Wandungen nach und nach degradiren. Die Aorta hat sehr starke elastische Fasern (Taf. III. Fig. XLII.) in ihrem äußeren Umkreise. Wir stoßen auf feinere, freie oder gleichartigen und gefensterten Häuten angelehnte Fasern, je mehr wir von außen nach der Innenhaut zu fortschreiten (Taf. III. Fig. XLIII. u. XLIV.). Eine zum Theil ähnliche Degradation kehrt in den dünneren Schlagaderzweigen wieder. Es werden sich daher die Elasticitätsverhältnisse nach der Peripherie hin ändern. Die elastischen Rückwirkungen treten endlich in den Haargefäßen gänzlich in den Hintergrund. Wir vermissen auch hier alle elastischen Fasern. Kernfasern, die theils der Länge, theils der Quere nach dahingehen, umringen hier eine durchsichtige Innenhaut.

Haargefäße.

§. 650. Wie die Gabeltheilung die Regel und die Netze die Ausnahmen für die Schlagadern bilden, so zeigt sich das Umgekehrte für die Haargefäße. Man findet zwar z. B. in den Tastwärzchen der Lederhaut, daß je eine kleinste Schlagader, Fig. 127, in eine kleinste Blutader mit einer einfachen Schlingenumbiegung übergeht. Netze der mannigfachsten Form kommen aber in den meisten übrigen Organtheilen zum Vorschein.

Fig. 127.



Fig. 128.

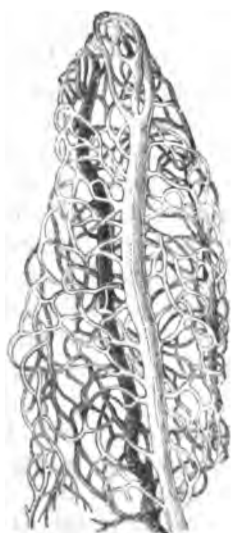


Fig. 128 kann uns dieses zunächst versinnlichen. Wir haben hier das Schema der Gefäßverbreitung in dem Innern der Zotten der dünnen Gedärme. Die heller gehaltene kleinste Schlagader geht an der einen Seite hinauf, während eine oder mehrere dunkler gehaltene Venen an der anderen Seite herunterlaufen. Ein reichliches Capillarnetz zieht sich zwischen beiden hin.

Die Haargefäße bieten oft so eigenthümliche Formen dar, daß der

Kenner den Theil, von dem sie herrühren, ohne Weiteres anzugeben vermag. Fig. 127 und 128 (s. v. S.) werden dieses näher erhärten und Fig. 129 und 130 das Gleiche von Neuem bekräftigen. Fig. 129 stellt die

Fig. 129.

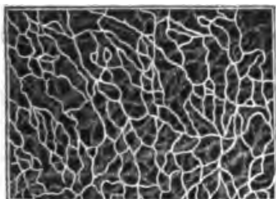
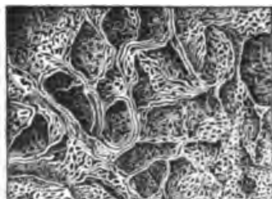


Fig. 130.

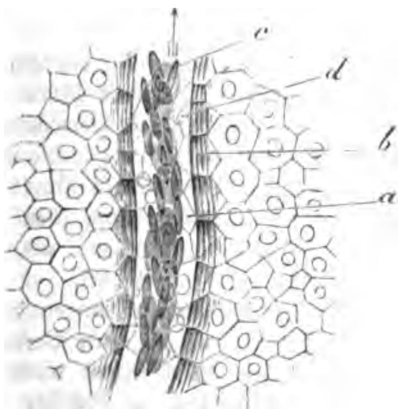


Capillaren des Gekröses und Fig. 130 die der getrockneten Lungen des Menschen dar. Man sieht, daß diese Formverschiedenheiten mit einem Wechsel der Größe, der Gestalt und des Verlaufes der Haargefäße und der zwischen ihnen übrig bleibenden Maschenräume innig verbunden sind. Sie werden daher einen wesentlichen Einfluß auf die enthaltene Blutmenge und die hydraulischen Verhältnisse derselben ausüben.

§. 651. Man kann den Kreislauf der Haargefäße und der feineren Schlag- und Blutadern in vielen durchsichtigen Theilen, wie z. B. den Flügeln der Fledermäuse, dem Gekröse kleinerer Thiere, der Schwimmhaut, den Lungen und der ausgespannten Zunge der Frösche, dem Schwanze der Tritonen und Salamander, dem Schwanztheile und den Kiemen der Larven der genannten Reptilien, der Schwanzflosse kleinerer Fische, und in vielen Theilen der Fischembryonen unter dem Mikroskope verfolgen. Man sieht hierbei Manches, das in den größeren Gefäßen nicht vorkommt oder, wenn es vorhanden ist, wenigstens nur aus hydraulischen Lehrsätzen und physiologischen Versuchen auf Umwegen erschlossen werden kann. Kreislauf der Haargefäße.

§. 652. Der zu diesen Erfahrungen nöthige Gebrauch des Mikroskopes kann den Anfänger in doppelter Hinsicht irre führen. Wenn Fig. 131 einen Theil der Schwimmhaut des Froschfußes, dessen Pflasterepithelialzellen sogleich in die Augen fallen, und *b* die Begrenzungen eines Blutgefäßes darstellen, so wird der Strom der Flüssigkeit in der Richtung des Pfeiles dahingehen. Stellt man die Beobachtung unter dem einfachen Mikroskope an, so fällt jede weitere Verbesserung hinweg, weil hier keine

Fig. 131.



Umkehrung des Bildes Statt findet. Arbeitet man dagegen mit dem zusammengesetzten Mikroskope, so darf man nicht vergessen, daß dieses die Bilder umwendet. Es wird also der Blutstrom in der That nach unten gehen, wenn er nach oben, in der Richtung des Pfeiles, Fig. 131, dahinzufließen scheint. Handelt es sich um die Bestimmung, ob ein kleines Gefäß eine Schlag- oder eine Blutader sei, so gewinnt natürlich dieser Umstand eine wesentliche Bedeutung.

§. 653. Die Geschwindigkeitsverhältnisse können ebenfalls irre führen. Betrachtet man das gleiche Gefäß unter verschiedenen Vergrößerungen, so findet man, daß die scheinbare Schnelligkeit des Blutlaufes mit jenen zunimmt. Man kann z. B. noch die einzelnen Blutkörperchen unter einer 54maligen Linearvergrößerung dahingehen sehen. Sie eilen unter einer 107fachen rascher dahin. Das Ganze bewegt sich unter einer 255fachen so schnell, daß man nur den rothen rieselnden Streifen, nicht aber dessen einzelne Bestandtheile genau erkennt.

Die Beziehungen, nach denen wir die Schnelligkeit einer Bewegung beurtheilen, erklären diese Erscheinungen ohne Weiteres. Wenn ein Körper *a*, Fig. 132, die lineare Raumstrecke *ab* in einer Secunde durchläuft, so wird er eine zehn Mal so große Geschwindigkeit bekommen, so wie er die 10 Mal so lange Bahn *ac* in der gleichen Zeiteinheit zu durchsetzen vermag. Betrachteten wir aber *ab* unter einer 10maligen Vergrößerung, so würde *a* den 10 Mal so langen Raum *ac* in der Secunde durchzumachen scheinen, während er nur in *ab* in der That dahingeht. Seine scheinbare Geschwindigkeit hätte daher um das Zehnfache zugenommen. Eine 54fache Linearvergrößerung wird sie mithin 54 Mal, eine 255fache 255 Mal erhöhen. Die Schnelligkeit einer Bewegung, die wir unter dem Mikroskope sehen, verhält sich mit einem Worte zur wirklich vorhandenen Geschwindigkeit, wie die unter dem Mikroskope wahrgenommene Länge des Bildes zur wirklichen des Gegenstandes, d. h. sie wächst um die Linearvergrößerung selbst.

Fig. 132.



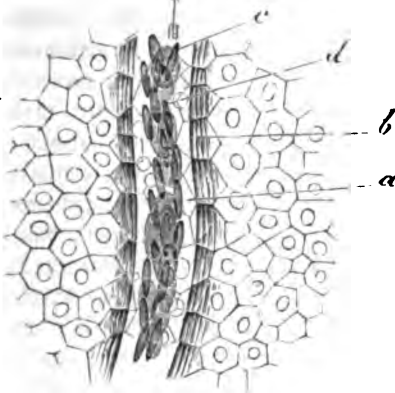
§. 654. Wir werden später finden, daß das Blut in den Haargefäßen so langsam strömt, daß wir sein Fortrücken nur mit Mühe mit dem freien Auge verfolgen könnten. Der Grund dieser Verzögerung liegt vor Allem in der Erweiterung des Flußbettes (§. 106.). Die Widerstände der Reibung und der Adhäsion, welche die feinen Capillarröhren darbieten (§. 107.), können zwar die Verlangsamung ebenfalls unterstützen. Sie tragen jedoch hierzu bei Weitem weniger, als die Raumvergrößerung der immer gefüllten Durchgangsbahnen bei.

§. 655. Die von den einzelnen Kammerzusammenziehungen ausgehenden Stöße können in den Haargefäßen unter regelrechten Verhältnissen nicht mehr wahrgenommen werden. Das Blut strömt vielmehr gleichförmig und nicht pulsatorisch. Folgen dagegen die Schläge des

absterbenden Herzens zu selten auf einander, stellt sich der Kreislauf eines Haargefäßes, der früher stockte, von Neuem her, so ereignet es sich nicht selten, daß die Blutsäule eine sehr ungleichförmige Bewegung darbietet. Sie rückt eine Strecke weit vor, um dann auszuruhen oder selbst wiederum theilweise zurückzugehen. Dieses Wechselspiel kann sich in kurzen Zeiträumen häufig wiederholen.

§. 656. Betrachtet man einzelne Haargefäße der Schwimmhaut des Frosches unter mäßig starken Vergrößerungen, so bemerkt man, daß sich ein farbloser Streifen *a*, Fig. 133, nach innen von den Wänden *b* des kleinen Rohres vorfindet. Der Hauptstrom der Blutkörperchen, von denen die rothe Farbe des Blutes vorzugsweise herrührt, geht in der Mitte *c* dahin. Es kommt nur hin und wieder vor, daß sich einzelne Blutkörperchen in jene farblose Schicht für kurze, selten für längere Zeit verirren. Die kugeligen ungefärbten und körnigen Lymphkörperchen des Blutes *d*, Fig. 133 (Taf. II. Fig. XXIII. c.), rollen in ihr öfters langsam dahin. Unbewegliche Schicht.

Fig. 133.



§. 657. Wenn eine Flüssigkeit durch sehr dünne Röhren hindurchgeht, so erzeugt sich eine peripherisch langsamer strömende Lage, die man mit dem Namen der unbeweglichen Schicht bezeichnet hat (§. 111.). Da *a*, Fig. 133, von dieser physikalischen Erscheinung herrührt, so hat man sie auch mit derselben Benennung belegt. Ihr Auftreten hängt mit dem Durchmesser und den Adhäsionsverhältnissen des Rohres zusammen. Es erklärt sich hieraus, weshalb sie in einzelnen Haargefäßen breiter, in anderen schmaler ist, und in manchen nicht selten gänzlich hinwegfällt. Die Cohäsion der Blutflüssigkeit, die Geschwindigkeit des Kreislaufes, die Menge und Größe der vorhandenen Blutkörperchen, die Temperatur der Gewebe und manche noch nicht näher bekannte Verhältnisse können einen sichtlichen Einfluß auf die Breite der unbeweglichen Schicht ausüben.

§. 658. Da die rothe Farbe von den Blutkörperchen *c*, Fig. 133, vor Allem ausgeht, so bemerkt man einen rothen Mittelstreifen und zwei farblose Seitenränder in allen Haargefäßen, deren Kreislaufsverhältnisse mit der Fig. 133 gegebenen Darstellung übereinstimmen. Hat man hingegen eine Stelle der Schwimmhaut des Froschfußes mit einem glühenden Drathe angebrannt oder einem anderen, Entzündung erregenden Einflusse ausgesetzt, so stockt der Blutlauf innerhalb eines gewissen Nachbarbezirkes. Diese Veränderung leitet sich allmählig ein. Die größte

Menge der Blutflüssigkeit wird in den letzten vorangehenden Augenblicken durchgetrieben, während verhältnißmäßig immer mehr Blutkörperchen zurückbleiben. Diese füllen aber nicht bloß den Mittelraum c, Fig. 133, sondern auch die beiden Seitenstreifen a, die der unbeweglichen Schicht früher angehörten. Man hat daher jetzt ein breiteres rothes Gefäß, ohne daß der Durchmesser desselben wahrhaft zugenommen hat. Dieser Umstand hat häufig zu der Annahme verleitet, daß sich die Haargefäße schon am Anfange der entzündlichen Stockung wahrhaft erweitern.

Enge Gefäße. §. 659. Einzelne Haargefäße des Frosches sind so schmal, daß sie die verhältnißmäßig großen Blutkörperchen nur mit Mühe durchlassen. Sie enthalten daher immer beträchtliche Mengen farbloser Blutflüssigkeit. Sie entgehen auch leicht dem Anblicke, so wie sich keine Blutkörperchen im Augenblicke durchdrängen. Sie unterscheiden sich aber in keiner wesentlichen Weise. Es ist daher nicht gerechtfertigt, wenn ihnen manche Forscher den besonderen Namen der serösen Gefäße beigelegt haben.

Veränderungen des Capillarlaufes. §. 660. Scheinbar unbedeutende Veranlassungen können den Kreislauf der Haargefäße in Unordnung bringen. Spannt man die Schwimmhaut des Froschfußes zu sehr aus, so findet man nicht selten, daß die Blutbewegung in den meisten mikroskopischen Gefäßröhren binnen Kurzem still steht. Der Gebrauch des Eises oder des kochenden Wassers, des Aethers, des Weingeistes, der Säuren, der Alkalien und vieler Salzlösungen kann ähnliche Störungen herbeiführen. Leitet man hingegen mehrere Hunderte von Schlägen des Magnetelektromotors durch die Schwanzflosse der Neunaugen, so wird hierdurch der Kreislauf der Haargefäße nicht sichtlich verändert.

§. 661. Wenn sich der erste Grad der Stockung in einem Capillargefäße einleitet, so gewinnt die Menge der Blutkörperchen über die der Blutflüssigkeit die Oberhand (§. 658.). Das ganze Säulchen ruht dann entweder oder es geht stoßweise hin und her. Es ereignet sich bisweilen, daß es mit einem kräftigen Rucke in ein benachbartes Gefäß eingetrieben und die Stockung plötzlich aufgehoben wird. Es kommt in anderen Fällen vor, daß sich die Ansammlung der Blutkörperchen länger erhält. Diejenigen, welche an andere mit regelrechter Blutströmung versehene Gefäße unmittelbar anstoßen, werden zuerst aufgerüttelt. Sie schwanken hin und her, bis sie endlich von dem angrenzenden Blutstrome fortgerissen werden. Kann jetzt mehr Flüssigkeit in das stockende Blutsäulchen eindringen, so wiederholt sich dieses Spiel noch ein oder mehrere Male, bis endlich der Durchgang der Flüssigkeit so weit hergestellt ist, daß diese den Ueberrest ohne Weiteres durch das Haargefäß fortreißt.

§. 662. Einzelne Blutkörperchen, die sich in die unbewegliche Schicht verirrt haben, verlassen diese wiederum nach kurzem Aufenthalte. Andere verhalten sich hier für einige Zeit ruhiger oder gehen unter mancherlei Schwankungen langsamer dahin, bis sie endlich den Hauptstrom von Neuem auffinden. Befindet sich ein Blutkörperchen an dem Scheide-

wege, der nach zwei Capillaren führt, so bewegt es sich hier nicht selten eine Zeit lang hin und her, ehe es in dem einen Rohre weiter geht.

§. 663. Der Wechsel der Hautfarbe, den die Gemüthsbewegungen anregen, lehrt deutlich, daß sich die Verhältnisse des Blutlaufes der Haargefäße unter dem Einflusse des Nervensystems in wenigen Secunden ändern können. Man schreibt daher diesen überhaupt einen bedeutenden Einfluß auf die Wände der Capillaren zu. Physiologische Versuche sind bis jetzt noch nicht im Stande gewesen, die hier zum Grunde liegenden Erscheinungen zu erklären und selbst nur bestimmte Schwankungen des Durchmessers der Haargefäße der Reptilien und Fische, wenigstens künstlich mit Sicherheit hervorzurufen. Der Gebrauch der Hitze, der Kälte oder verschiedener chemischer Reagentien führt immer nur zu unzuverlässigen und der der Elektricität oder die unmittelbare Nervenreizung zu gar keinen sichtlichen Ergebnissen. Gesetze eigenthümlicher Art beherrschen wahrscheinlich die Verkürzungsverhältnisse der Haargefäßwände.

§. 664. Wie die Schlagadern durch fortgesetzte Verzweigung und Verschmälerung in die Haargefäßnetze übergehen, so sammeln sich die Blutaderstämme auf dem umgekehrten Wege. Die zartesten mit den Capillaren zusammenhängenden Reiser verbinden sich zu größeren Zweigen und diese zu stärkeren Aesten, bis endlich die Stämme der Hohl-, der Herz- und der Lungenblutadern zu Stande kommen. Es nimmt daher die Breite des Venenflußbettes von den Haargefäßen nach dem Herzen hin ab. Die Schnelligkeit der Blutbewegung muß sich daher abgesehen von allen Nebeneinflüssen verhältnißmäßig vergrößern. Verlauf der Blutaderstämme

§. 665. Man findet in den meisten Körpertheilen, daß mehrere Blutaderstämme auf eine Schlagader kommen. Aeltere Forscher glaubten, daß das gesammte Venensystem $2\frac{1}{4}$ bis 4 Mal so viel Raum, als die Gesammtmenge der Schlagadern einnimmt. Wäre auch die Verminderung des Druckes, auf die wir sogleich zurückkommen werden, nicht vorhanden, so müßte schon das Venenblut langsamer, als das Arterienblut des Unterschiedes der Flußbette wegen dahingehen. Capacität des Venensystems.

§. 666. Zwei andere Eigenthümlichkeiten unterscheiden noch die Blut- von den Schlagadern. Die Venen verbinden sich häufiger in größeren Anastomosenzweigen. Die meisten besitzen überdies Klappen, die theils in dem Verlaufe der Stämme, vorzüglich aber an den Einmündungsstellen der Zweige angebracht worden. Beide Einrichtungen sollen die Gefahren, die dem Venenblute häufig drohen, beseitigen helfen. Anastomosen und Klappen der Venen.

§. 667. Wir werden sogleich sehen, daß die Stromkraft des Venenblutes bedeutend kleiner als die des Schlagaderblutes ausfällt. Ein äußerer Druck kann daher um so eher schaden, besonders da die langsamere Fortbewegung zu Störungen geneigter macht. Die Anastomosen werden aber den Bach nach anderen Gängen, die sich günstigerer Verhältnisse im Augenblicke erfreuen, ableiten oder die wechselnden Geschwin-

digkeiten und Druckgrößen auszugleichen suchen. Die Klappen dagegen, die im Wesentlichen wie die Ventile der Saugadern (§. 547.) eingerichtet sind, müssen den unzweckmäßigen Rückfluß, den äußere Druckkräfte sonst einleiten, zu verhüten streben. Geht der Blutstrom seinen regelrechten centripetalen Weg, den der in Fig. 134 eingezeichnete Pfeil anzeigt, fort, so werden die nach dem Herzen hinsehenden Taschen *ab* und *cd* an die Wände *ef* und *gh* angedrückt und die Oeffnung *i* so weit als möglich gelüftet. Will er centrifugal zurücksinken, so schließen sich jene, wie *lmn*, Fig. 135. Die bei den Saugadern betrachteten mechanischen Vortheile kehren auch hier im Wesentlichen wieder.

Fig. 134. Fig. 135.

§. 668. Da das aus den Füßen, den Armen, dem Unterleibe und zum Theil der Brust zurückkommende Blut in der Richtung nach oben zu fließen muß, so hat man häufig den Nutzen der Klappen darin gesucht, daß sie den durch die Schwere bedingten Rückfluß verhüten sollten. Läßt man aber auch alle physikalischen Verhältnisse, welche gegen diese Ansicht sprechen, unberücksichtigt, so kann schon die Betrachtung der Drosselblutadern lehren, daß die Herstellung jener Ventile auf anderen Gründen fußen muß. Das Blut der Jugularvenen strömt von oben nach unten. Sie besitzen nichts desto weniger Taschen, deren Hohlräume nach unten, d. h. nach dem Herzen zu offen sind.

§. 669. Die Muskeln, die in dem Augenblicke ihrer Zusammenziehung kürzer und dicker werden, können die Blutadern, deren Inhalt eine geringere Stromkraft besitzt und daher auch einen kleineren Gegendruck darzubieten vermag, zusammenzupressen suchen. Wären die Klappen nicht vorhanden, so würde die Flüssigkeit nach beiden Seiten peripherisch und central ausweichen. Da aber jene den peripherischen Rückgang in allen Fällen verhüten, so kann die Muskelzusammenziehung den Venenblutlauf unterstützen, in keinem Falle dagegen wesentlich beeinträchtigen.

§. 670. Sollen die Athembewegungen den Venenblutlauf befördern, so müssen sie sich ebenfalls auf die Thätigkeit der Klappen stützen können. Wir haben §. 559 gesehen, daß die Einathmung Venenblut in die Brust, mithin centripetal einziehen und die Ausathmung dasselbe centrifugal fortstoßen oder wenigstens nicht so leicht in die Brusthöhle hineinlassen wird. Die Klappen können aber wiederum jeden unnöthigen Rückgang unmöglich machen.

Druck des Venenbluts.

§. 671. Die von der linken Herzkammer ausgehende Druckgröße verliert sich größtentheils in den kleinsten Schlagaderästen und den Haargefäßen. Es bleibt ein nur verhältnißmäßig kleiner Rest, der das Venenblut von den Haargefäßen nach dem Herzen zu oder central fortzustoßen sucht, als sogenannte Rückenkraft des Venenblutlaufes übrig. Die Einathmungsaspiration wird dieser Spannungsrichtung zu Hilfe

kommen, der positive Ausathmungsdruck dagegen ihr entgegenwirken (§. 625.).

§. 672. Vergleicht man die äußere Drosselblutader mit der Halsschlagader, so findet man, daß die mittelst des Blutkraftmessers erhaltenen Druckwerthe in dieser 10 bis 15 Mal, ja selbst mehr als 70 Mal so stark, wie in jener ausfallen können. Die Carotis des Hundes liefert als gewöhnlichen Stand 150 Mm. Quecksilber, die äußere Drosselvene dagegen nur 2 bis 15 Mm. Die Halsschlagader eines Kaninchens gab mir 104 Mm., die äußere Drosselblutader dagegen 7 Mm. Die geringen Druckgrößen des Venenblutes nöthigen daher häufig eine Anzeigesäule von Wasser und nicht von Quecksilber zu gebrauchen, damit desto merklichere Ausschläge zu Stande kommen (§. 86.).

§. 673. Die den größten Theil der Herzkraft aufzehrenden Widerstände rühren von den getheilten Bahnen der Schlagadern und den feinen Netzwegen der Haargefäße her. Da aber diese Bedingungsglieder mit der Verschiedenheit der einzelnen Körperwerkzeuge abweichen, so ergiebt sich von selbst, daß die Werthe der Rückenkraft in den verschiedenen Blutadern schwanken müssen. Die Drosselblutader des Hundes giebt z. B. nach Ludwig und Mogk 2 bis 13,2, die Armblutader 12,4 bis 15,1 und die Schenkelblutader 11 bis 23,7 Mm. Quecksilber. Ziehen sich die Nachbarmuskeln zusammen, wirkt ein äußerer künstlich angeregter Druck ein, so steigt die Spannung in sichtlicher Weise.

§. 674. Da die stoßweise Blutbewegung in den kleineren Schlagadern aufhört (§. 655.), so bietet die Säule des Blutkraftmessers gar keine pulsatorische Hebung und Senkung dar, wenn sie die Rückenkraft allein anzeigt. Können hingegen tiefere Athembewegungen ihren Einfluß geltend machen, so greift ein Wechselspiel der Beobachtungsflüssigkeit mit Leichtigkeit durch. Das Quecksilber des längeren Schenkels *c* des Fig. 8, S. 32 abgebildeten Blutkraftmessers geht während des Einathmens herunter. Es hebt sich dagegen unter dem Einflusse der Ausathmung.

§. 675. Man kann diesen Vor- und Rückgang der Blutmasse an der bloßgelegten äußeren Drosselvene des Kaninchens ohne alle weitere Vorbereitung unmittelbar erblicken. Hat man einen Blutkraftmesser endständig und in centripetaler Richtung in die des Hundes eingesetzt, so ereignet es sich nicht selten, daß eine tiefere Einathmung einen (negativen) Druck von 45 bis 90, eine stärkere Ausathmung dagegen einen (positiven) von 50 bis 120 Mm. darbietet. Diese Schwankungen fallen meist in Blutadern der Extremitäten gänzlich hinweg. Sie verrathen sich höchstens in Ausnahmsfällen in untergeordnetem Maaße. Der Wechsel der Anzeigesäule pflegt aber selbst dann die Höhe von 10 Mm. noch nicht zu erreichen.

Schwacher Widerstand des Venenblutes.

§. 676. Es ergiebt sich von selbst, daß ein geringer Drucküberschuß des Hohladerblutes für den Eintritt der Flüssigkeitsmasse in den erschlafften rechten Vorhof hinreichen wird. Die Natur brauchte daher die linke Kammer nur so einzurichten, daß nicht alle von ihr gelieferte Druckkraft vor der Beendigung des Körperkreislaufes verloren ging. Eine stärkere über-

flüssige Spannung des Venenblutes hätte sich nur mit einem unzweckmäßigen Kraftaufwande herstellen lassen.

§. 677. Die Sparsamkeit, die sich hier wie immer geltend macht, zieht aber auch manche Gefahren nach sich. Der geringe Widerstand des Venenblutes läßt oft äußere Nebenverhältnisse nachdrücklicher eingreifen. Die verschiedenen Muskelbewegungen, die Mannigfaltigkeit der Athmungserscheinungen können die Blutströmung einzelner Bezirke nachdrücklicher ändern. Kommen auch die Anastomosen und die Klappen vielfach zu Hilfe (§. 667.), so finden doch die Hindernisse häufig genug einen fruchtbaren Boden, so wie ungewöhnliche Bedingungsglieder störend in den Weg treten. Einzelne Stellen der Venen des Mastdarmes, der Schenkel, selten anderer Körpertheile erweitern sich zu sogenannten Blutaderknoten oder Varicen, die man auch, wenn sie in der Aftergegend vorkommen, mit dem Namen der Hämorrhoiden zu bezeichnen pflegt. Es ereignet sich nicht selten, daß sich eine größere oder eine geringere Reihe von Venenstämmen verschließt und der Fortgang des Kreislaufes auf Nebenwegen erhalten werden muß. Kalkmassen oder Venensteine setzen sich bisweilen in dem geronnenen stockenden Blute ab. Die Schlagadern dagegen verknöchern höchstens in ihren Wandungen. Erdige Absätze ihres Inhaltes treten so gut als gar nicht auf.

Eigenthümlichkeit der Blutaderwände.

§. 678. Wir haben §. 649 gesehen, daß die Elasticität der Schlagadern in den kleinsten Verzweigungen abnimmt. Die Haargefäße bieten jenes Wechselspiel von Erweiterung und Verengerung, das wir an den Arterien antreffen, nicht mehr dar. Läßt man die Athmungseinflüsse (§. 674.) unberücksichtigt, so verräth eine bloßgelegte Vene keine Spur von Pulsbewegung. Sie bleibt entweder völlig unverändert oder verschmälert sich unter dem Einflusse der Luft so langsam, daß das freie Auge den Durchmesserwechsel Schritt für Schritt nicht verfolgen kann.

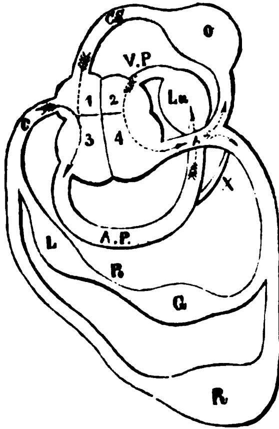
§. 679. Während die elastischen Schlagadern nach der Durchschneidung offen bleiben, fallen die Blutadern in dem gleichen Falle zusammen. Sie behaupten daher nur ihre cylindrische Form dem Luftdrucke gegenüber mittelst des Widerstandes ihres Inhaltes. Ihre bedeutende Dehnbarkeit hängt dafür mit ihrer kleinen elastischen Kraft innig zusammen. Man kann sich schon an dem Leichname überzeugen, daß sich die Blutadern unter geeigneten Druckkräften beträchtlich erweitern. Das Gleiche wiederholt sich im Leben in passenden Gelegenheiten. Wir können täglich sehen, wie sehr die Größe und die Füllung der Handvenen unter den mannigfachsten Kreislaufsverhältnissen zu wechseln vermag. Der auf die Drosselblutader so mächtig wirkende Athmungseinfluß führt zu ähnlichen Veränderungen. Die äußere Jugularvene eines lebenden Hundes lieferte eine von jener Wechselbedingung abhängende Schwankung, die $1/_{15}$ bis $1/_{10}$ des Rauminhaltes des geprüften Gefäßcylinders betrug. Die Halsschlagader dagegen ergab nur $1/_{22}$ unter ähnlichen Verhältnissen.

§. 680. Man kann kaum bezweifeln, daß die Blutaderwände einen gewissen Grad von Verkürzungsvermögen besitzen. Selbst die Schläge

des Magnetelektromotors versagen aber hier nicht selten, wenn die Schlagadern günstigere Ergebnisse herbeiführen (§. 634.). Wurmbewegungen oder ein rascher, augenblicklicher, gleichförmig sich wiederholender Breitenwechsel kommen auch im Leben nicht vor.

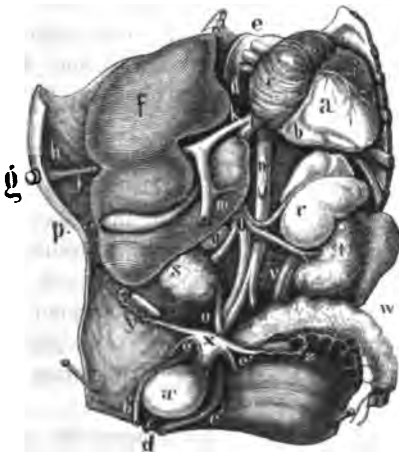
§. 681. Denkt man sich, 1 und 2, Fig. 136, bezeichnen den rechten und den linken Vorhof, 3 und 4 die rechte und die linke Kammer, so geht das Blut, das in die Lungenschlagader *A. P.* geflossen, in die Haargefäßnetze der Athemwerkzeuge *L u*, um später in den Lungenblutadern *V. P.* zu dem linken Vorhofe 2 zurück zu fließen. Ein Blutkörperchen, das in die Aorta *A* trat und von da nach dem Halse und dem Kopfe strömte, wird eben so die Haargefäße *O* durchdringen, um zu der oberen Hohlader *C S* zu gelangen. Dasselbe wiederholt sich für die meisten übrigen Körperschlagadern, die in die untere Hohlvene *C* durch die Haargefäße *R* und die entsprechenden Körperblutadern übergehen. Die Flüssigkeit braucht in allen diesen Fällen nur ein einziges Capillargefäßsystem *Lu*, *O* oder *R* zu durchlaufen, um aus den Schlagadern in die Blutadern oder aus einer Kammer 3 oder 4 in die kreuzweise gegenüberliegende Vorkammer 1 oder 2 (§. 574.) zu gelangen. Pfortaderkreislauf.

Fig. 136.



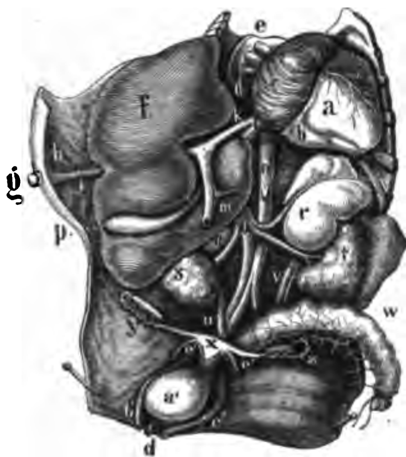
Der Pfortaderkreislauf führt zu anderen Verhältnissen. Die Pfortader *m*, Fig. 137, nimmt die Blutadern des Magens, *q r*, Fig. 9, S. 35, der dünnen und der dicken Gedärme *s t u v*, Fig. 9, S. 35, der Milz *g* und der Bauchspeicheldrüse *p q*, Fig. 86, S. 141, und zuletzt noch die der Gallenblase *p*, Fig. 137, in sich auf. Sie verzweigt sich dann in der Leber *f* nach Art einer Schlagader und setzt sich in die Haargefäße dieses Organes, die von der Leberschlagader gleichzeitig gespeist werden, fort. Die Lebercapillaren verbinden sich später mit den Leberblutadern und diese mit dem vorderen oder oberen Theil der unteren Hohlvene *l*, Fig. 137.

Fig. 137.



Das aus den Schenkeln zurückfließende Blut, das in der unteren Hohl= ader *o*, Fig. 138, heraufkommt, strömt hinter der Leber vorbei, um in den rechten Vorhof unmittelbar einzufließen. Die Blutmasse dagegen, welche in die oben ge= nannten Baucheingeweide tritt, muß zuerst das Haargefäß= system derselben durchlaufen, dann in die Pfortaderwurzeln, den Stamm und die neuen Verästelungen der Pfortader und hierauf in die Haargefäße der Leber vordringen, ehe es zu den Leberblutadern, dem obersten Theile der unteren Hohlader und dem rechten Vor= hofe gelangen kann. Es muß mithin zweierlei Capillarnetze, die der Eingeweide und die der Leber durchsetzen. Denkt man sich, *A*, Fig. 136, sei die Aorta, so giebt der gewöhnliche Kör= perblutlauf nur das eine Haargefäßsystem *R*, der Pfortaderkreislauf dagegen das der Eingeweide *G* und der Leber *L*, ehe der Uebergang in die untere Hohlader möglich wird.

Fig. 138.



§. 682. Da der Hauptwiderstand, auf den die von der linken Kam= mer ausgehende Druckkraft stößt, von den Verzweigungen der Schlag= adern und den Netzröhren der Haargefäße abhängt, so kann die in dem Pfortadersysteme auftretende Verdoppelung der Capillaren auf den Ge= danken führen, daß die gewöhnlichen mechanischen Kräfte für die Unter= haltung des Kreislaufes in diesem Abschnitte der Gefäßbahnen nicht aus= reichen. Die vergleichende Anatomie lehrt schon, daß dieses nicht der Fall ist. Man findet in den niederen Wirbelthieren, daß das Blut mehr als zwei Reihen von Haargefäßnetzen durchläuft, ohne daß Neben= herzen zu Hilfe kommen.

§. 683. Hat man ein Glied so umschnürt, daß nur die Bahn einer Hauptschlagader und einer Hauptblutader offen bleibt und einen Blutkraftmesser in die letztere in peripherischer Richtung endständig ein= gesetzt, so findet man nach Poiseuille, daß die Quecksilbersäule des längeren Schenkels (*c*, Fig. 8, S. 32.) nach und nach höher als sonst steigt. Sie kann sich zuletzt eben so sehr, als in einem Schlagader= stamme erheben. Da nur eine einzige, gegen den Blutkraftmesser ge= kehrte Abflußbahn vorhanden ist, so erklärt sich diese Erscheinung aus hydraulischen Gründen.

§. 684. Bedenken wir, daß sich alle Venen der Eingeweide zu der einzigen Pfortader sammeln, so wird sich das Blut derselben einer ver=

hältnißmäßig größeren Spannung erfreuen. Diese Druckvergrößerung reicht vermuthlich schon hin, die Blutmasse durch das zweite Haargefäßsystem, das der Leber durchzutreiben. Mehrere Nebenverhältnisse werden die regelrechte Bewegung zeitweise beschleunigen helfen.

§. 685. Wie die Darmbewegung den Milchsaft in centraler Richtung fortstößt (§. 556.), so kann sich etwas Aehnliches für das Venenblut wiederholen. Bedenkt man aber, wie lange die Därme nicht selten zu ruhen pflegen, so wird man eine nur sehr untergeordnete Bedeutung jener Erscheinung zuschreiben. Die Athembewegungen können sich nachdrücklicher geltend machen. Da die untere Hohlvene (*l*, Fig. 138, S. 220.) dicht an der Leber und unmittelbar nachdem sie die Leberblutadern aufgenommen hat, in die Brusthöhle tritt, so wird sich der begünstigende Einfluß der Athmungsaspiration für sie und die benachbarten, in der Leber verlaufenden Gefäße geltend machen. Die nachtheilige Wirkung der Ausathmung sinkt aber, wenn sich die Bauchmuskeln gleichzeitig zusammenziehen und auf die Baucheingeweide drücken. Die Blutmasse sucht daher eher nach anderen Venen, z. B. den Drosselvenen, auf denen jetzt kein Druck lastet, auszuweichen. Da die Klappen von diesen hindernd entgegentreten, so wird sich der Einfluß des Ausathmungsdruckes auf andere Flüssigkeiten übertragen, z. B. das Schlagaderblut centrifugal, d. h. in regelrechter Bahn fortstoßen. Man sieht hieraus, daß zweckmäßige Nebeneinrichtungen jenen Factor, der den Blutlauf so leicht verwirren könnte, in ein passendes Unterstützungsmittel der Kreislaufsthätigkeiten umgewandelt haben.

§. 686. Die untere Hohlader (*o. l.*, Fig. 138, S. 220.) führt zwar den bei Weitem größten Theil des Blutes der Schenkel und der Bauchtheile in den Vorhof zurück, während die obere (*h.*, Fig. 101, S. 184.) die gleiche Rolle für die Arme, den Hals und den Kopf übernimmt. Die rechte unpaare, die halbunpaarige oder die linke unpaarige Vene liefern aber eine wechselseitige Verbindung der zu beiden Hohladern gehörenden Venenbezirke. Das System der Vena azygos wurzelt nämlich in den Lendenvenen. Es nimmt dann die Zwischenrippenvenen, die Blutadern der Luftröhre und des Brusttheiles der Speiseröhre auf. Der Endstamm (*q*, Fig. 100, S. 184.) mündet in die obere Hohlader *n*, Fig. 100. Ist die untere Hohlvene krankhafter Weise verschlossen, so finden daher die ihr entsprechenden Zweige immer noch eine mögliche Abzugsbahn, die nach dem rechten Vorhofe überführt. Unpaare Blutader.

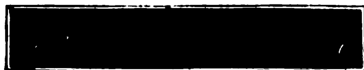
§. 687. Betrachten wir nun die allgemeinen Kreislaufsverhältnisse, so frägt es sich zunächst, wie viel Flüssigkeit mittelst des Pumpwerkes des Herzens fortwährend in Bewegung gesetzt wird, oder wie viel Blut ein Mensch oder ein Thier enthält. Es versteht sich von selbst, daß eine in absoluten Gewichten ausgedrückte Größe, des Wechsels der Körpermasse halber, wenig lehren kann. Nur ein anderer Ausdruck, der eine beständige Function einer zweiten Zahl bildet, vermag hier zum Ziele zu führen. Blutmenge.

Umkehrung des Bildes Statt findet. Arbeitet man dagegen mit dem zusammengesetzten Mikroskope, so darf man nicht vergessen, daß dieses die Bilder umwendet. Es wird also der Blutstrom in der That nach unten gehen, wenn er nach oben, in der Richtung des Pfeiles, Fig. 131, dahinzufließen scheint. Handelt es sich um die Bestimmung, ob ein kleines Gefäß eine Schlag- oder eine Blutader sei, so gewinnt natürlich dieser Umstand eine wesentliche Bedeutung.

§. 653. Die Geschwindigkeitsverhältnisse können ebenfalls irre führen. Betrachtet man das gleiche Gefäß unter verschiedenen Vergrößerungen, so findet man, daß die scheinbare Schnelligkeit des Blutlaufes mit jenen zunimmt. Man kann z. B. noch die einzelnen Blutkörperchen unter einer 54maligen Linearvergrößerung dahingehen sehen. Sie eilen unter einer 107fachen rascher dahin. Das Ganze bewegt sich unter einer 255fachen so schnell, daß man nur den rothen rieselnden Streifen, nicht aber dessen einzelne Bestandtheile genau erkennt.

Die Beziehungen, nach denen wir die Schnelligkeit einer Bewegung beurtheilen, erklären diese Erscheinungen ohne Weiteres. Wenn ein Körper *a*, Fig. 132, die lineare Raumstrecke *ab* in einer Secunde durchläuft, so wird er eine zehn Mal so große Geschwindigkeit bekommen, so wie er die 10 Mal so lange Bahn *ac* in der gleichen Zeiteinheit zu durchsetzen vermag. Betrachteten wir aber *ab* unter einer 10maligen Vergrößerung, so würde *a* den 10 Mal so langen Raum *ac* in der Secunde durchzumachen scheinen, während er nur in *ab* in der That dahingeht. Seine scheinbare Geschwindigkeit hätte daher um das Zehnfache zugenommen. Eine 54fache Linearvergrößerung wird sie mithin 54 Mal, eine 255fache 255 Mal erhöhen. Die Schnelligkeit einer Bewegung, die wir unter dem Mikroskope sehen, verhält sich mit einem Worte zur wirklich vorhandenen Geschwindigkeit, wie die unter dem Mikroskope wahrgenommene Länge des Bildes zur wirklichen des Gegenstandes, d. h. sie wächst um die Linearvergrößerung selbst.

Fig. 132.



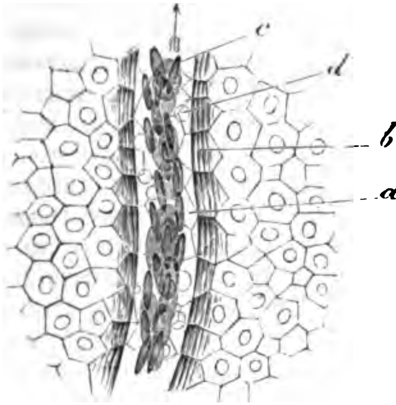
§. 654. Wir werden später finden, daß das Blut in den Haargefäßen so langsam strömt, daß wir sein Fortrücken nur mit Mühe mit dem freien Auge verfolgen könnten. Der Grund dieser Verzögerung liegt vor Allem in der Erweiterung des Flußbettes (§. 106.). Die Widerstände der Reibung und der Adhäsion, welche die feinen Capillarröhren darbieten (§. 107.), können zwar die Verlangsamung ebenfalls unterstützen. Sie tragen jedoch hierzu bei Weitem weniger, als die Raumvergrößerung der immer gefüllten Durchgangsbahnen bei.

§. 655. Die von den einzelnen Kammerzusammenziehungen ausgehenden Stöße können in den Haargefäßen unter regelrechten Verhältnissen nicht mehr wahrgenommen werden. Das Blut strömt vielmehr gleichförmig und nicht pulsatorisch. Folgen dagegen die Schläge des

absterbenden Herzens zu selten auf einander, stellt sich der Kreislauf eines Haargefäßes, der früher stockte, von Neuem her, so ereignet es sich nicht selten, daß die Blutsäule eine sehr ungleichförmige Bewegung darbietet. Sie rückt eine Strecke weit vor, um dann auszuruhen oder selbst wiederum theilweise zurückzugehen. Dieses Wechselspiel kann sich in kurzen Zeiträumen häufig wiederholen.

§. 656. Betrachtet man einzelne Haargefäße der Schwimmhaut des Frosches unter mäßig starken Vergrößerungen, so bemerkt man, daß sich ein farbloser Streifen *a*, Fig. 133, nach innen von den Wänden *b* des kleinen Rohres vorfindet. Der Hauptstrom der Blutkörperchen, von denen die rothe Farbe des Blutes vorzugsweise herrührt, geht in der Mitte *c* dahin. Es kommt nur hin und wieder vor, daß sich einzelne Blutkörperchen in jene farblose Schicht für kurze, selten für längere Zeit verirren. Die kugeligen ungefärbten und körnigen Lymphkörperchen des Blutes *d*, Fig. 133 (Taf. II. Fig. XXIII. c.), rollen in ihr öfters langsam dahin. Unbewegliche Schicht.

Fig. 133.



§. 657. Wenn eine Flüssigkeit durch sehr dünne Röhren hindurchgeht, so erzeugt sich eine peripherisch langsamer strömende Lage, die man mit dem Namen der unbeweglichen Schicht bezeichnet hat (§. 111.). Da *a*, Fig. 133, von dieser physikalischen Erscheinung herrührt, so hat man sie auch mit derselben Benennung belegt. Ihr Auftreten hängt mit dem Durchmesser und den Adhäsionsverhältnissen des Rohres zusammen. Es erklärt sich hieraus, weshalb sie in einzelnen Haargefäßen breiter, in anderen schmaler ist, und in manchen nicht selten gänzlich hinwegfällt. Die Cohäsion der Blutflüssigkeit, die Geschwindigkeit des Kreislaufes, die Menge und Größe der vorhandenen Blutkörperchen, die Temperatur der Gewebe und manche noch nicht näher bekannte Verhältnisse können einen sichtlichen Einfluß auf die Breite der unbeweglichen Schicht ausüben.

§. 658. Da die rothe Farbe von den Blutkörperchen *c*, Fig. 133, vor Allem ausgeht, so bemerkt man einen rothen Mittelstreifen und zwei farblose Seitenränder in allen Haargefäßen, deren Kreislaufsverhältnisse mit der Fig. 133 gegebenen Darstellung übereinstimmen. Hat man hingegen eine Stelle der Schwimmhaut des Froschfußes mit einem glühenden Drathe angebrannt oder einem anderen, Entzündung erregenden Einflusse ausgesetzt, so stockt der Blutlauf innerhalb eines gewissen Nachbarbezirkes. Diese Veränderung leitet sich allmählig ein. Die größte

Menge der Blutflüssigkeit wird in den letzten vorangehenden Augenblicken durchgetrieben, während verhältnißmäßig immer mehr Blutkörperchen zurückbleiben. Diese füllen aber nicht bloß den Mittelraum *c*, Fig. 133, sondern auch die beiden Seitenstreifen *a*, die der unbeweglichen Schicht früher angehörten. Man hat daher jetzt ein breiteres rothes Gefäß, ohne daß der Durchmesser desselben wahrhaft zugenommen hat. Dieser Umstand hat häufig zu der Annahme verleitet, daß sich die Haargefäße schon am Anfange der entzündlichen Stockung wahrhaft erweitern.

Seröse Gefäße. §. 659. Einzelne Haargefäße des Frosches sind so schmal, daß sie die verhältnißmäßig großen Blutkörperchen nur mit Mühe durchlassen. Sie enthalten daher immer beträchtliche Mengen farbloser Blutflüssigkeit. Sie entgehen auch leicht dem Anblicke, so wie sich keine Blutkörperchen im Augenblicke durchdrängen. Sie unterscheiden sich aber in keiner wesentlichen Weise. Es ist daher nicht gerechtfertigt, wenn ihnen manche Forscher den besonderen Namen der serösen Gefäße beigelegt haben.

Veränderungen des Capillarblutlaufes. §. 660. Scheinbar unbedeutende Veranlassungen können den Kreislauf der Haargefäße in Unordnung bringen. Spannt man die Schwimmhaut des Froschfußes zu sehr aus, so findet man nicht selten, daß die Blutbewegung in den meisten mikroskopischen Gefäßröhren binnen Kurzem still steht. Der Gebrauch des Eises oder des kochenden Wassers, des Aethers, des Weingeistes, der Säuren, der Alkalien und vieler Salzlösungen kann ähnliche Störungen herbeiführen. Leitet man hingegen mehrere Hunderte von Schlägen des Magnetelektromotors durch die Schwanzflosse der Neunaugen, so wird hierdurch der Kreislauf der Haargefäße nicht sichtlich verändert.

§. 661. Wenn sich der erste Grad der Stockung in einem Capillargefäße einleitet, so gewinnt die Menge der Blutkörperchen über die der Blutflüssigkeit die Oberhand (§. 658.). Das ganze Säulchen ruht dann entweder oder es geht stoßweise hin und her. Es ereignet sich bisweilen, daß es mit einem kräftigen Rucke in ein benachbartes Gefäß eingetrieben und die Stockung plötzlich aufgehoben wird. Es kommt in anderen Fällen vor, daß sich die Ansammlung der Blutkörperchen länger erhält. Diejenigen, welche an andere mit regelrechter Blutströmung versehene Gefäße unmittelbar anstoßen, werden zuerst aufgerüttelt. Sie schwanken hin und her, bis sie endlich von dem angrenzenden Blutstrome fortgerissen werden. Kann jetzt mehr Flüssigkeit in das stockende Blutsäulchen eindringen, so wiederholt sich dieses Spiel noch ein oder mehrere Male, bis endlich der Durchgang der Flüssigkeit so weit hergestellt ist, daß diese den Ueberrest ohne Weiteres durch das Haargefäß fortreißt.

§. 662. Einzelne Blutkörperchen, die sich in die unbewegliche Schicht verirrt haben, verlassen diese wiederum nach kurzem Aufenthalte. Andere verhalten sich hier für einige Zeit ruhiger oder gehen unter mancherlei Schwankungen langsamer dahin, bis sie endlich den Hauptstrom von Neuem auffinden. Befindet sich ein Blutkörperchen an dem Scheide-

wege, der nach zwei Capillaren führt, so bewegt es sich hier nicht selten eine Zeit lang hin und her, ehe es in dem einen Rohre weiter geht.

§. 663. Der Wechsel der Hautfarbe, den die Gemüthsbewegungen anregen, lehrt deutlich, daß sich die Verhältnisse des Blutlaufes der Haargefäße unter dem Einflusse des Nervensystems in wenigen Secunden ändern können. Man schreibt daher diesen überhaupt einen bedeutenden Einfluß auf die Wände der Capillaren zu. Physiologische Versuche sind bis jetzt noch nicht im Stande gewesen, die hier zum Grunde liegenden Erscheinungen zu erklären und selbst nur bestimmte Schwankungen des Durchmessers der Haargefäße der Reptilien und Fische, wenigstens künstlich mit Sicherheit hervorzurufen. Der Gebrauch der Hitze, der Kälte oder verschiedener chemischer Reagentien führt immer nur zu unzuverlässigen und der der Elektricität oder die unmittelbare Nervenreizung zu gar keinen sichtlichen Ergebnissen. Gesetze eigenthümlicher Art beherrschen wahrscheinlich die Verkürzungsverhältnisse der Haargefäßwände.

§. 664. Wie die Schlagadern durch fortgesetzte Verzweigung und Verschmälerung in die Haargefäßnetze übergehen, so sammeln sich die Blutaderstämme auf dem umgekehrten Wege. Die zartesten mit den Capillaren zusammenhängenden Reiser verbinden sich zu größeren Zweigen und diese zu stärkeren Aesten, bis endlich die Stämme der Hohl-, der Herz- und der Lungenblutadern zu Stande kommen. Es nimmt daher die Breite des Venenflußbettes von den Haargefäßen nach dem Herzen hin ab. Die Schnelligkeit der Blutbewegung muß sich daher abgesehen von allen Nebeneinflüssen verhältnißmäßig vergrößern. Verlauf der Blutaderstämme

§. 665. Man findet in den meisten Körpertheilen, daß mehrere Blutaderstämme auf eine Schlagader kommen. Aeltere Forscher glaubten, daß das gesammte Venensystem $2\frac{1}{4}$ bis 4 Mal so viel Raum, als die Gesammtmenge der Schlagadern einnimmt. Wäre auch die Verminderung des Druckes, auf die wir sogleich zurückkommen werden, nicht vorhanden, so müßte schon das Venenblut langsamer, als das Arterienblut des Unterschiedes der Flußbette wegen dahingehen. Capacität des Venensystems.

§. 666. Zwei andere Eigenthümlichkeiten unterscheiden noch die Blut- von den Schlagadern. Die Venen verbinden sich häufiger in größeren Anastomosenzweigen. Die meisten besitzen überdies Klappen, die theils in dem Verlaufe der Stämme, vorzüglich aber an den Einmündungsstellen der Zweige angebracht worden. Beide Einrichtungen sollen die Gefahren, die dem Venenblute häufig drohen, beseitigen helfen. Anastomosen und Klappen der Venen.

§. 667. Wir werden sogleich sehen, daß die Stromkraft des Venenblutes bedeutend kleiner als die des Schlagaderblutes ausfällt. Ein äußerer Druck kann daher um so eher schaden, besonders da die langsamere Fortbewegung zu Störungen geneigter macht. Die Anastomosen werden aber den Bach nach anderen Gängen, die sich günstigerer Verhältnisse im Augenblicke erfreuen, ableiten oder die wechselnden Geschwin-

digkeiten und Druckgrößen auszugleichen suchen. Die Klappen dagegen, die im Wesentlichen wie die Ventile der Saugadern (§. 547.) eingerichtet sind, müssen den unzweckmäßigen Rückfluß, den äußere Druckkräfte sonst einleiten, zu verhüten streben. Geht der Blutstrom seinen regelrechten centripetalen Weg, den der in Fig. 134 eingezeichnete Pfeil anzeigt, fort, so werden die nach dem Herzen hinsehenden Taschen *ab* und *cd* an die Wände *ef* und *gh* angedrückt und die Oeffnung *i* so weit als möglich gelüftet. Will er centrifugal zurücksinken, so schließen sich jene, wie *lmn*, Fig. 135. Die bei den Saugadern betrachteten mechanischen Vortheile kehren auch hier im Wesentlichen wieder.

Fig. 134. Fig. 135.

§. 668. Da das aus den Füßen, den Armen, dem Unterleibe und zum Theil der Brust zurückkommende Blut in der Richtung nach oben zu fließen muß, so hat man häufig den Nutzen der Klappen darin gesucht, daß sie den durch die Schwere bedingten Rückfluß verhüten sollten. Läßt man aber auch alle physikalischen Verhältnisse, welche gegen diese Ansicht sprechen, unberücksichtigt, so kann schon die Betrachtung der Drosselblutadern lehren, daß die Herstellung jener Ventile auf anderen Gründen fußen muß. Das Blut der Jugularvenen strömt von oben nach unten. Sie besitzen nichts desto weniger Taschen, deren Hohlräume nach unten, d. h. nach dem Herzen zu offen sind.

§. 669. Die Muskeln, die in dem Augenblicke ihrer Zusammenziehung kürzer und dicker werden, können die Blutadern, deren Inhalt eine geringere Stromkraft besitzt und daher auch einen kleineren Gegendruck darzubieten vermag, zusammenzupressen suchen. Wären die Klappen nicht vorhanden, so würde die Flüssigkeit nach beiden Seiten peripherisch und central ausweichen. Da aber jene den peripherischen Rückgang in allen Fällen verhüten, so kann die Muskelzusammenziehung den Venenblutlauf unterstützen, in keinem Falle dagegen wesentlich beeinträchtigen.

§. 670. Sollen die Athembewegungen den Venenblutlauf befördern, so müssen sie sich ebenfalls auf die Thätigkeit der Klappen stützen können. Wir haben §. 559 gesehen, daß die Einathmung Venenblut in die Brust, mithin centripetal einziehen und die Ausathmung dasselbe centrifugal fortstoßen oder wenigstens nicht so leicht in die Brusthöhle hineinlassen wird. Die Klappen können aber wiederum jeden unnöthigen Rückgang unmöglich machen.

Druck des Venenblutes. §. 671. Die von der linken Herzkammer ausgehende Druckgröße verliert sich größtentheils in den kleinsten Schlagaderästen und den Haargefäßen. Es bleibt ein nur verhältnißmäßig kleiner Rest, der das Venenblut von den Haargefäßen nach dem Herzen zu oder central fortzustoßen sucht, als sogenannte Rückenkraft des Venenblutlaufes übrig. Die Einathmungsaspiration wird dieser Spannungsrichtung zu Hilfe

kommen, der positive Ausathmungsdruck dagegen ihr entgegenwirken (§. 625.).

§. 672. Vergleicht man die äußere Drosselblutader mit der Halsschlagader, so findet man, daß die mittelst des Blutkraftmessers erhaltenen Druckwerthe in dieser 10 bis 15 Mal, ja selbst mehr als 70 Mal so stark, wie in jener ausfallen können. Die Carotis des Hundes liefert als gewöhnlichen Stand 150 Mm. Quecksilber, die äußere Drosselvene dagegen nur 2 bis 15 Mm. Die Halsschlagader eines Kaninchens gab mir 104 Mm., die äußere Drosselblutader dagegen 7 Mm. Die geringen Druckgrößen des Venenblutes nöthigen daher häufig eine Anzeigesäule von Wasser und nicht von Quecksilber zu gebrauchen, damit desto merklichere Ausschläge zu Stande kommen (§. 86.).

§. 673. Die den größten Theil der Herzkraft aufzehrenden Widerstände rühren von den getheilten Bahnen der Schlagadern und den feinen Netzwegen der Haargefäße her. Da aber diese Bedingungsglieder mit der Verschiedenheit der einzelnen Körperwerkzeuge abweichen, so ergiebt sich von selbst, daß die Werthe der Rückenkraft in den verschiedenen Blutadern schwanken müssen. Die Drosselblutader des Hundes giebt z. B. nach Ludwig und Mogk 2 bis 13,2, die Armblutader 12,4 bis 15,1 und die Schenkelblutader 11 bis 23,7 Mm. Quecksilber. Ziehen sich die Nachbarmuskeln zusammen, wirkt ein äußerer künstlich angeregter Druck ein, so steigt die Spannung in sichtlicher Weise.

§. 674. Da die stoßweise Blutbewegung in den kleineren Schlagadern aufhört (§. 655.), so bietet die Säule des Blutkraftmessers gar keine pulsatorische Hebung und Senkung dar, wenn sie die Rückenkraft allein anzeigt. Können hingegen tiefere Athembewegungen ihren Einfluß geltend machen, so greift ein Wechselspiel der Beobachtungsflüssigkeit mit Leichtigkeit durch. Das Quecksilber des längeren Schenkels *c* des Fig. 8, S. 32 abgebildeten Blutkraftmessers geht während des Einathmens herunter. Es hebt sich dagegen unter dem Einflusse der Ausathmung.

§. 675. Man kann diesen Vor- und Rückgang der Blutmasse an der bloßgelegten äußeren Drosselvene des Kaninchens ohne alle weitere Vorbereitung unmittelbar erblicken. Hat man einen Blutkraftmesser endständig und in centripetaler Richtung in die des Hundes eingesetzt, so ereignet es sich nicht selten, daß eine tiefere Einathmung einen (negativen) Druck von 45 bis 90, eine stärkere Ausathmung dagegen einen (positiven) von 50 bis 120 Mm. darbietet. Diese Schwankungen fallen meist in Blutadern der Extremitäten gänzlich hinweg. Sie verrathen sich höchstens in Ausnahmsfällen in untergeordnetem Maaße. Der Wechsel der Anzeigesäule pflegt aber selbst dann die Höhe von 10 Mm. noch nicht zu erreichen.

§. 676. Es ergiebt sich von selbst, daß ein geringer Drucküberschuß des Hohladerblutes für den Eintritt der Flüssigkeitsmasse in den erschlafften rechten Vorhof hinreichen wird. Die Natur brauchte daher die linke Kammer nur so einzurichten, daß nicht alle von ihr gelieferte Druckkraft vor der Beendigung des Körperkreislaufes verloren ging. Eine stärkere über- Schwacher Widerstand des Venenblutes.

flüssige Spannung des Venenblutes hätte sich nur mit einem unzweckmäßigen Kraftaufwande herstellen lassen.

§. 677. Die Sparsamkeit, die sich hier wie immer geltend macht, zieht aber auch manche Gefahren nach sich. Der geringe Widerstand des Venenblutes läßt oft äußere Nebenverhältnisse nachdrücklicher eingreifen. Die verschiedenen Muskelbewegungen, die Mannigfaltigkeit der Athmungserscheinungen können die Blutströmung einzelner Bezirke nachdrücklicher ändern. Kommen auch die Anastomosen und die Klappen vielfach zu Hilfe (§. 667.), so finden doch die Hindernisse häufig genug einen fruchtbaren Boden, so wie ungewöhnliche Bedingungsglieder störend in den Weg treten. Einzelne Stellen der Venen des Mastdarmes, der Schenkel, selten anderer Körpertheile erweitern sich zu sogenannten Blutaderknoten oder Varicen, die man auch, wenn sie in der Aftergegend vorkommen, mit dem Namen der Hämorrhoiden zu bezeichnen pflegt. Es ereignet sich nicht selten, daß sich eine größere oder eine geringere Reihe von Venenstämmen verschließt und der Fortgang des Kreislaufes auf Nebenwegen erhalten werden muß. Kalkmassen oder Venensteine setzen sich bisweilen in dem geronnenen stockenden Blute ab. Die Schlagadern dagegen verknöchern höchstens in ihren Wandungen. Erdige Absätze ihres Inhaltes treten so gut als gar nicht auf.

Eigenthümlichkeit der Blutaderwände.

§. 678. Wir haben §. 649 gesehen, daß die Elasticität der Schlagadern in den kleinsten Verzweigungen abnimmt. Die Haargefäße bieten jenes Wechselspiel von Erweiterung und Verengerung, das wir an den Arterien antreffen, nicht mehr dar. Läßt man die Athmungseinflüsse (§. 674.) unberücksichtigt, so verräth eine bloßgelegte Vene keine Spur von Pulsbewegung. Sie bleibt entweder völlig unverändert oder verschmälert sich unter dem Einflusse der Luft so langsam, daß das freie Auge den Durchmesserwechsel Schritt für Schritt nicht verfolgen kann.

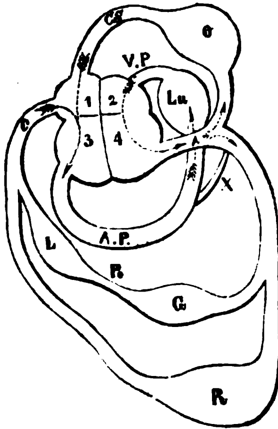
§. 679. Während die elastischen Schlagadern nach der Durchschneidung offen bleiben, fallen die Blutadern in dem gleichen Falle zusammen. Sie behaupten daher nur ihre cylindrische Form dem Luftdrucke gegenüber mittelst des Widerstandes ihres Inhaltes. Ihre bedeutende Dehnbarkeit hängt dafür mit ihrer kleinen elastischen Kraft innig zusammen. Man kann sich schon an dem Leichname überzeugen, daß sich die Blutadern unter geeigneten Druckkräften beträchtlich erweitern. Das Gleiche wiederholt sich im Leben in passenden Gelegenheiten. Wir können täglich sehen, wie sehr die Größe und die Füllung der Handvenen unter den mannigfachsten Kreislaufsverhältnissen zu wechseln vermag. Der auf die Drosselblutader so mächtig wirkende Athmungseinfluß führt zu ähnlichen Veränderungen. Die äußere Jugularvene eines lebenden Hundes lieferte eine von jener Wechselbedingung abhängende Schwankung, die $^1/_{15}$ bis $^1/_{10}$ des Rauminhaltes des geprüften Gefäßcylinders betrug. Die Halsschlagader dagegen ergab nur $^1/_{22}$ unter ähnlichen Verhältnissen.

§. 680. Man kann kaum bezweifeln, daß die Blutaderwände einen gewissen Grad von Verkürzungsvermögen besitzen. Selbst die Schläge

des Magneteleftromotors versagen aber hier nicht selten, wenn die Schlagadern günstigere Ergebnisse herbeiführen (§. 634.). Wurmbewegungen oder ein rascher, augenblicklicher, gleichförmig sich wiederholender Breitenwechsel kommen auch im Leben nicht vor.

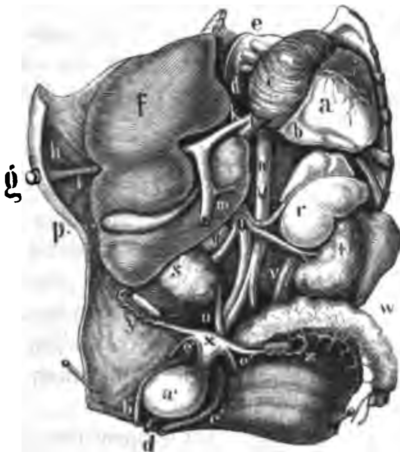
§. 681. Denkt man sich, 1 und 2, Fig. 136, bezeichnen den rechten und den linken Vorhof, 3 und 4 die rechte und die linke Kammer, so geht das Blut, das in die Lungenschlagader *A. P.* geflossen, in die Haargefäßnetze der Athemwerkzeuge *Lu*, um später in den Lungenblutadern *V. P.* zu dem linken Vorhofe 2 zurück zu fließen. Ein Blutkörperchen, das in die Aorta *A* trat und von da nach dem Halse und dem Kopfe strömte, wird eben so die Haargefäße *O* durchdringen, um zu der oberen Hohlader *CS* zu gelangen. Dasselbe wiederholt sich für die meisten übrigen Körperschlagadern, die in die untere Hohlvene *C* durch die Haargefäße *R* und die entsprechenden Körperblutadern übergehen. Die Flüssigkeit braucht in allen diesen Fällen nur ein einziges Capillargefäßsystem *Lu*, *O* oder *R* zu durchlaufen, um aus den Schlagadern in die Blutadern oder aus einer Kammer 3 oder 4 in die kreuzweise gegenüberliegende Vorkammer 1 oder 2 (§. 574.) zu gelangen. Pfortaderkreislauf.

Fig. 136.



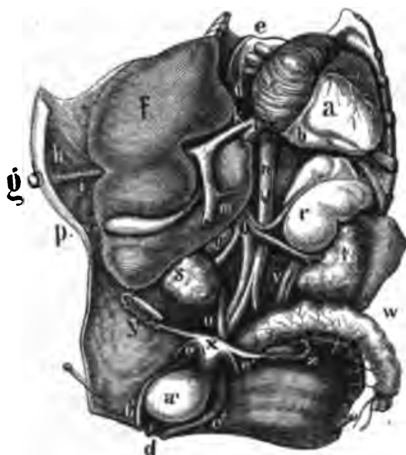
Der Pfortaderkreislauf führt zu anderen Verhältnissen. Die Pfortader *m*, Fig. 137, nimmt die Blutadern des Magens, *qr*, Fig. 9, S. 35, der dünnen und der dicken Gedärme *stuv*, Fig. 9, S. 35, der Milz *g* und der Bauchspeicheldrüse *pq*, Fig. 86, S. 141, und zuletzt noch die der Gallenblase *p*, Fig. 137, in sich auf. Sie verzweigt sich dann in der Leber *f* nach Art einer Schlagader und setzt sich in die Haargefäße dieses Organes, die von der Leberschlagader gleichzeitig gespeist werden, fort. Die Lebercapillaren verbinden sich später mit den Leberblutadern und diese mit dem vorderen oder oberen Theil der unteren Hohlvene *l*, Fig. 137.

Fig. 137.



Das aus den Schenkeln zurückfließende Blut, das in der unteren Hohlader *o*, Fig. 138, heraufkommt, strömt hinter der Leber vorbei, um in den rechten Vorhof unmittelbar einzufließen. Die Blutmasse dagegen, welche in die oben genannten Baucheingeweide tritt, muß zuerst das Haargefäßsystem derselben durchlaufen, dann in die Pfortaderwurzeln, den Stamm und die neuen Verästelungen der Pfortader und hierauf in die Haargefäße der Leber vordringen, ehe es zu den Leberblutadern, dem obersten Theile der unteren Hohlader und dem rechten Vorhofe gelangen kann. Es muß mithin zweierlei Capillarnetze, die der Eingeweide und die der Leber durchsetzen. Denkt man sich, *A*, Fig. 136, sei die Aorta, so giebt der gewöhnliche Körperblutlauf nur das eine Haargefäßsystem *R*, der Pfortaderkreislauf dagegen das der Eingeweide *G* und der Leber *L*, ehe der Uebergang in die untere Hohlader möglich wird.

Fig. 138.



§. 682. Da der Hauptwiderstand, auf den die von der linken Kammer ausgehende Druckkraft stößt, von den Verzweigungen der Schlagadern und den Netzröhren der Haargefäße abhängt, so kann die in dem Pfortadersysteme auftretende Verdoppelung der Capillaren auf den Gedanken führen, daß die gewöhnlichen mechanischen Kräfte für die Unterhaltung des Kreislaufes in diesem Abschnitte der Gefäßbahnen nicht ausreichen. Die vergleichende Anatomie lehrt schon, daß dieses nicht der Fall ist. Man findet in den niederen Wirbelthieren, daß das Blut mehr als zwei Reihen von Haargefäßnetzen durchläuft, ohne daß Nebenherzen zu Hilfe kommen.

§. 683. Hat man ein Glied so umschnürt, daß nur die Bahn einer Hauptschlagader und einer Hauptblutader offen bleibt und einen Blutkraftmesser in die letztere in peripherischer Richtung endständig eingesetzt, so findet man nach Poiseuille, daß die Quecksilbersäule des längeren Schenkels (*c*, Fig. 8, S. 32.) nach und nach höher als sonst steigt. Sie kann sich zuletzt eben so sehr, als in einem Schlagaderstamme erheben. Da nur eine einzige, gegen den Blutkraftmesser gekehrte Abflußbahn vorhanden ist, so erklärt sich diese Erscheinung aus hydraulischen Gründen.

§. 684. Bedenken wir, daß sich alle Venen der Eingeweide zu der einzigen Pfortader sammeln, so wird sich das Blut derselben einer ver-

hältnißmäßig größeren Spannung erfreuen. Diese Druckvergrößerung reicht vermuthlich schon hin, die Blutmasse durch das zweite Haargefäßsystem, das der Leber durchzutreiben. Mehrere Nebenverhältnisse werden die regelrechte Bewegung zeitweise beschleunigen helfen.

§. 685. Wie die Darmbewegung den Milchsaft in centraler Richtung fortstößt (§. 556.), so kann sich etwas Aehnliches für das Venenblut wiederholen. Bedenkt man aber, wie lange die Därme nicht selten zu ruhen pflegen, so wird man eine nur sehr untergeordnete Bedeutung jener Erscheinung zuschreiben. Die Athembewegungen können sich nachdrücklicher geltend machen. Da die untere Hohlvene (*l*, Fig. 138, S. 220.) dicht an der Leber und unmittelbar nachdem sie die Leberblutadern aufgenommen hat, in die Brusthöhle tritt, so wird sich der begünstigende Einfluß der Athmungsaspiration für sie und die benachbarten, in der Leber verlaufenden Gefäße geltend machen. Die nachtheilige Wirkung der Ausathmung sinkt aber, wenn sich die Bauchmuskeln gleichzeitig zusammenziehen und auf die Baucheingeweide drücken. Die Blutmasse sucht daher eher nach anderen Venen, z. B. den Drosselvenen, auf denen jetzt kein Druck lastet, auszuweichen. Da die Klappen von diesen hindernd entgegentreten, so wird sich der Einfluß des Ausathmungsdruckes auf andere Flüssigkeiten übertragen, z. B. das Schlagaderblut centrifugal, d. h. in regelrechter Bahn fortstoßen. Man sieht hieraus, daß zweckmäßige Nebeneinrichtungen jenen Factor, der den Blutlauf so leicht verwirren könnte, in ein passendes Unterstützungsmittel der Kreislaufsthätigkeiten umgewandelt haben.

§. 686. Die untere Hohlader (*o. l.*, Fig. 138, S. 220.) führt Unpaare Blutader.
zwar den bei Weitem größten Theil des Blutes der Schenkel und der Bauchtheile in den Vorhof zurück, während die obere (*h.*, Fig. 101, S. 184.) die gleiche Rolle für die Arme, den Hals und den Kopf übernimmt. Die rechte unpaare, die halbunpaarige oder die linke unpaarige Vene liefern aber eine wechselseitige Verbindung der zu beiden Hohladern gehörenden Venenbezirke. Das System der Vena azygos wurzelt nämlich in den Lendenvenen. Es nimmt dann die Zwischenrippenvenen, die Blutadern der Luftröhre und des Brusttheiles der Speiseröhre auf. Der Endstamm (*q*, Fig. 100, S. 184.) mündet in die obere Hohlader *n*, Fig. 100. Ist die untere Hohlvene krankhafter Weise verschlossen, so finden daher die ihr entsprechenden Zweige immer noch eine mögliche Abzugsbahn, die nach dem rechten Vorhofe überführt.

§. 687. Betrachten wir nun die allgemeinen Kreislaufsverhält- Blutmenge.
nisse, so frägt es sich zunächst, wie viel Flüssigkeit mittelst des Pumpwerkes des Herzens fortwährend in Bewegung gesetzt wird, oder wie viel Blut ein Mensch oder ein Thier enthält. Es versteht sich von selbst, daß eine in absoluten Gewichten ausgedrückte Größe, des Wechsels der Körpermasse halber, wenig lehren kann. Nur ein anderer Ausdruck, der eine beständige Function einer zweiten Zahl bildet, vermag hier zum Ziele zu führen.

§. 688. Die Schwere des ganzen Thieres liefert die noch am Ehesten zu gebrauchende Grundlage. Man darf aber nicht übersehen, daß auch sie eine gewisse Unsicherheit aus doppeltem Grunde einschließt. Es ist keine Frage, daß der verhältnißmäßige Blutreichthum mit der Verschiedenheit der Gewebe wechselt. Bedenkt man z. B., daß das Fettgewebe von ziemlich lockeren Haargefäßen umsponnen wird, während diese in den Muskeln enger zusammen liegen, so wird die Blutmasse nicht gleichförmig wachsen, wenn das Körpergewicht um dieselbe Größe, aber das eine Mal durch Fett und ein anderes Mal durch neue Muskelsubstanz zunimmt. Eben so wechseln die Mengen der blutgefäßlosen Gewebe in hohem Grade. Die Haare des Menschen bilden einen geringeren Bruchtheil der Körpermasse, als die der Säugethiere. Die Federn der Vögel nehmen verhältnißmäßig größere Werthe in Anspruch. Der Organisationsplan der einen Thierart kann endlich mehr Blut, als der einer zweiten voraussetzen.

Die Füllung des Nahrungscanales bildet eine zweite einflußreiche Erscheinung. Wir haben §. 357 gesehen, welche bedeutende Mengen von Nahrungsmitteln und Speiseresten, vorzüglich in den Verdauungswerkzeugen der Pflanzenfresser angetroffen werden. Enthält z. B. ein Kaninchen, das 1050 Grm. im Leben wog, 243 Grm. oder beinahe 1/4 Futterstoffe, so ergiebt sich von selbst, daß sich jeder auf die Körpermasse zurückgeführte Blutwerth merklich ändern wird, je nachdem man das gesammte Geschöpf oder nur die thätigen Gewebe desselben zum Grunde legt. Es versteht sich übrigens, daß nur dieses letztere Verfahren vollkommen befriedigt.

§. 689. Man hat häufig die Blutmenge nach den in dem Verblutungstode ausgetretenen Flüssigkeitsmassen zu bestimmen gesucht. Diese Bemühungen liefern immer nur trügerische Ergebnisse. Das Thier geht an Hirnlähmung zu Grunde, sobald nur ein gewisser, mit den Individuen wechselnder Bruchtheil der gesammten Blutquantität in kurzer Zeit entfernt worden. Man kann sich auch schon mit freiem Auge überzeugen, daß noch beträchtliche Blutmengen in den Gefäßen zurückbleiben.

Die Betrachtung der Haargefäße wird das eben Gesagte näher erläutern. Das Flußbett nimmt zwar allerdings in den Schlag- und den Blutadern in peripherischer Richtung beträchtlich zu (§§. 648 u. 664.). Betrachtet man aber z. B. nur die Fig. 128, S. 210 dargestellten Haargefäße einer Darmzotte, so lehrt schon der äußere Anblick, daß die Summe der Hohlräume der Capillaren um vieles größer, als die der Schlag- und der Blutadern ausfällt. Dieses Mißverhältniß muß in Organen, in welchen die Haargefäße kleinere Maschenräume übrig lassen (Fig. 130, S. 211.), noch größer ausfallen. Wollte man sich die Mühe nehmen, den Rauminhalt aller Haargefäße einer Reihe von Darmzotten mikrometrisch zu bestimmen, die in dem Dünndarme vorkommende Menge der Letzteren zu berechnen und beiderlei Zahlen zu multipliciren, so würde

man eine Blutmenge, die wahrscheinlich wenig Gläubige in dem ersten Augenblicke finden dürfte, erhalten. Da aber Haargefäße, die Blutkörperchen führen, in fast allen Theilen des verbluteten Thieres angetroffen werden, so ergiebt sich von selbst, daß nur Irrungen aus jenem ersteren Verfahren hervorgehen können.

§. 690. Hering [21]) machte den Versuch, nicht bloß alles ausfließende Blut zu sammeln, sondern auch die einzelnen Organe auf mechanischem Wege, wie die Fleischer es thun, von den Ueberresten zu befreien. Pferde lieferten dabei $1/_{10}$ bis $1/_{15}$ ihres Körpergewichtes, folglich noch mehr ohne die in dem Darme enthaltenen Kothmassen. Dieses mühsame Verfahren hat aber dreierlei Bedenken gegen sich. Wir werden in der Folge sehen, daß ein großer Blutverlust die übrige Blutmasse in kurzer Zeit wässriger macht. Die geringere Füllung der Gefäße bedingt es wahrscheinlich, daß eine bedeutendere Menge von wässrigen Lösungen aus der Ernährungsflüssigkeit übertritt. Die mechanische Behandlung kann unmöglich alle Haargefäße entleeren. Es müssen deswegen beträchtliche Blutmengen nicht in Berechnung kommen. Das Drücken der Organe wird übrigens noch Ernährungsflüssigkeit zugleich herauspressen.

§. 691. Manche Forscher, wie Weber, füllten die Gefäße mit passenden Einspritzungsmassen und berechneten dann die Blutmengen aus dem absoluten und dem specifischen Gewichte von jenen. Dieses Bemühen läßt den Einwand offen, daß nicht alle, ja nicht einmal der größere Theil der Haargefäße gefüllt werden kann. Diejenigen, in welche die Masse eingedrungen, sind auch in der Regel stärker, als im lebenden Körper ausgedehnt. Jene Forschungen ergeben 5 bis 7 Kilogr. Blut für den menschlichen Körper. Es kann aber vorkommen, daß eine Frau eben so viel und selbst noch mehr mit einem Gebärmutterblutflusse verliert und nichts desto weniger am Leben bleibt.

§. 692. Der Vorschlag, eine Blutprobe zu entnehmen, den festen Rückstand von dieser und dann das ganze Thier zu veraschen und nur aus dem Eisengehalte der beiderseitigen Massen auf die Blutmenge zurückzuschließen, hat das gegen sich, daß das Eisen noch in vielen anderen Körpertheilen, als in dem Blute vorkommt. Es findet sich in den Haaren und den übrigen Horngeweben, die von keinen Blutgefäßen durchzogen werden. Die Bemühungen, die Geschwindigkeitsverhältnisse des Blutlaufes zur Lösung der uns hier beschäftigenden Aufgabe zu benutzen, werden uns in der Folge beschäftigen.

§. 693. Hat man eine Salzlösung, deren absolute Menge unbekannt ist, deren procentiger Salzgehalt dagegen erforscht werden kann, so vermag man jenen ersteren Werth zu berechnen, wenn man eine gewogene Wassermenge hinzugesetzt und den neuen relativen Salzgehalt ermittelt hat. Diese Thatsache läßt sich auf die Ermittelung der Blutmenge übertragen.

Man macht z. B. einen kleinen Aderlaß, der zur Bestimmung des

festen Rückstandes hinreicht, spritzt eine bestimmte Wassermenge in eine Blutader ein, entnimmt kurz darauf eine zweite Blutprobe aus einem anderen Gefäße und ermittelt von Neuem die festen Bestandtheile. Die Aehnlichkeit mit dem eben dargestellten Beispiele der Salzlösung wird es begreiflich machen, wie man die Blutmenge auf diesem Wege zu berechnen vermag[22]).

§. 694. Versuche, die ich an verschiedenen Hunden, Katzen, Kaninchen und einem Schaafe anstellte, führten zu dem Ergebnisse, daß sich die Blutmenge zu dem Körpergewichte, wie 1 : 4,08 bis 1 : 6,32 verhielt. Die Pflanzenfresser hatten durchschnittlich kleinere Blutmengen als die Fleischfresser geliefert. Nimmt man 1/5 als Mittelwerth an, so würde ein Mann von 30 bis 40 Jahren, dessen durchschnittliches Körpergewicht 64 Kilogr. beträgt, 12,8 Kilogr. oder 25,6 Pfund Blut führen. Wrisberg sammelte 24 Pfund aus einer enthaupteten Frau und sah 26 Pfund mit einem Gebärmutterblutflusse verloren gehen.

§. 695. Man hat den Einwand gemacht, daß sich das Wasser nicht gleichförmig mit dem Blute mischt. Man kann sich aber überzeugen, daß z. B. zwei Proben, von denen man die eine aus der äußeren Drosselvene und die zweite aus den Schenkelgefäßen wenige Minuten nach der Einspritzung entnimmt, nur geringe Unterschiede in den festen Rückständen darbieten. Da der erste Probeaderlaß nur kleine Mengen umfaßt, so wird auch die Wassereinsaugung des Blutes (§. 690.) so gut als gar nicht störend eingreifen. Läßt man den zweiten Aderlaß nicht zu lange anstehen, so schaden die Lungen- und die Hautausdünstung in keiner merklichen Weise. Anders hingegen verhält sich die Sache, wenn man zu viel Zeit verwendet und das Thier mittlererweile in Schweiß verfällt. Ein Versuch z. B., den ich in dem Pferde anstellte und in dem sich dieser Uebelstand geltend machte, führte zu unbrauchbaren Ergebnissen, weil indeß das Blut zu viel Wasser auf anderen Wegen verloren hatte. Bilden sich beträchtlichere Mengen wässriger Ausschwitzungen, so kann die Beobachtung ebenfalls verunglücken.

Eine Fehlerquelle ließ sich bis jetzt nicht beseitigen. Wir werden in der Folge sehen, daß sich das Blut seines überschüssigen Wassergehaltes in den Nieren binnen Kurzem entledigt. Mögen nun auch nur wenige Minuten zwischen dem ersten und dem zweiten Aderlasse verstreichen, so geht doch wahrscheinlich schon eine gewisse, nicht zu bestimmende Wassermasse in den Harn über. Es wird daher der zweite Aderlaß zu viel festen Rückstandes geben und die berechnete Blutmenge zu groß ausfallen. Könnte man eine Auflösung eines Körpers, der nicht schon im gesunden Blute enthalten wäre, in den Urin nicht überträte und sich quantitativ mit Sicherheit bestimmen ließe, einspritzen, so würde jene Verfahrungsart an Sicherheit wesentlich gewinnen.

§. 696. Es ist bis jetzt noch völlig unbekannt, wie sich die Blutmasse in den verschiedenen Körperwerkzeugen vertheilt. Die schon §. 689 angedeutete Berechnungsweise könnte vielleicht auf einzelne Gebilde, wie

die Darmschleimhaut oder den ganzen Nahrungscanal, die Harnblase und manche andere Theile angewendet werden.

§. 697. Die Zahl der Herz- oder der Pulsschläge wechselt zunächst mit der Verschiedenheit der Lebensalter. Rameaux und Serrus suchten aus der von Quetelet gegebenen Uebersichtstabelle herzuleiten, daß sich die mittlere Menge der Pulsschläge umgekehrt, wie die Quadratwurzeln der Körperlängen verhalten. Da aber die fünften Potenzen von diesen mit den Quadraten der Körperlängen nahebei gleichförmig wachsen, so würde folgen, daß sich die Quadrate der Körpergewichte umgekehrt, wie die zehnten Potenzen der Pulsschläge verändern würden. Zahl der Herz- und der Pulsschläge.

§. 698. Man besitzt bis jetzt noch keine Versuchsreihen, in denen alle Glieder, die Herzschläge, die Körperlängen und die Körpergewichte gleichzeitig bestimmt wurden. Man kann daher nur die statistischen Mittelzahlen der gewöhnlichen Längen und Gewichte auf andere Individuen, deren Puls untersucht wurde, übertragen. Die durchschnittliche Menge der Herzschläge des Erwachsenen liefert überdies so geringe Schwankungen, ihr Werth kann in dem kleinen Wechselbezirke mit den Nebenverhältnissen so sehr auf- und niedergehen, daß ein sicherer Entscheid erschwert, wo nicht unmöglich gemacht wird. Die jüngeren Lebenszeiten, in welchen die Zahl der Pulsschläge mit Zunahme der Jahre rascher sinkt, könnten sich zur Beurtheilung jenes Satzes eher eigenen. Vergleicht man aber die von Quetelet gefundenen Größen mit denen, die Guy[23]) erhalten hat, so sieht man, daß diese Erfahrungsmittel unter einander noch mehr, als von den berechneten Durchschnittswerthen abweichen. Man erhält dann z. B.

Alter in Jahren.	Mittlere Zahl der Herz- und der Pulsschläge in der Minute.			
	Nach der Erfahrung bestimmt von		Nach Rameaux und Serrus berechnet	
	Quetelet.	Guy.	aus den mittleren Körperlängen.	aus den mittleren Körpergewichten.
Neugeborener . .	136	—	129,8 bis 129,5	127,3 bis 126,1
5	88	93	92,0 » 91,3	92,5 » 91,6
10 bis 15.	78	88	80,4 » 73,1	83,0 » 75,5
15 » 20.	69,5	77	73,1 » 70,2	75,5 » 70,8
20 » 25.	69,7	78	— — —	70,8 » 70,2
25 » 30.	71,0	74	72,3 bis 71,0	70,2 » 70,0
30 » 50.	71,0	75 bis 71	73,3 » 70,0	70,2 » 69,8

§. 699. Nimmt man 70 Pulsschläge als den gewöhnlichen Werth für den Erwachsenen an, so dauert jeder Herzschlag 0,86 oder nahebei $^{17}/_{20}$ oder $^{4}/_{5}$ Secunde. Setzt man ferner voraus, daß die Systole und

die Diastole der Kammern unter regelrechten Verhältnissen ungefähr gleich lang anhalten, so würde jede dieser Thätigkeiten $^{2}/_{5}$ Secunden in Anspruch nehmen. Die von Volkmann und mir angestellten Pendelprüfungen näherten sich häufig diesem erschlossenen Werthe. Meine Durchschnittsgröße betrug 0,425 oder beinahe genau $^{2}/_{5}$ Secunde; das ganze Untersuchungsverfahren liefert aber nur ungefähre Schätzungszahlen. Es kann in einzelnen Menschen vorkommen, daß z. B. die Kammersystole merklich länger als die Diastole anhält.

§. 700. Die Nabelschnur des eben geborenen Kindes schlägt ungefähr 140 bis 144 Mal in der Minute, mithin noch ein Mal so häufig als das Herz des Erwachsenen. Man hat oft geglaubt, daß die hier in Betracht kommende Größe im Greisenalter merklich abnimmt. Statistische, in Pfründnerhäusern angestellte Beobachtungen lehrten jedoch, daß dieses zur Regel nicht gehört. Man erhält häufig 72 bis 83 Pulsschläge als Durchschnittsgrößen für 70 bis 90 Jahre. Sollten daher keine krankhaften Verhältnisse dieser Erscheinung zum Grunde liegen, so würde sogar die Menge der Herzschläge in den letzten Lebensjahren zunehmen.

§. 701. Jede fieberhafte Aufregung vergrößert die Zahl der Herzschläge. Der Erwachsene kann dann ebenso viel Pulsschläge und selbst noch mehr, als der Neugeborene haben. Manche Menschen liefern umgekehrt ungewöhnliche niedrige Werthe. Guy kannte einen gesunden Mann, der 38 und Fordyce einen Menschen, der nur 20 für die Minute darbot.

§. 702. Das Herz der Frau klopft durchschnittlich rascher, als das des Mannes. Diese Norm scheint für alle Lebensalter wiederzukehren. Der Puls geht verhältnißmäßig am Langsamsten bei dem Liegen, schneller bei dem Sitzen und noch rascher bei dem Stehen. Da die angestrengte Muskelthätigkeit den Herzschlag zu beschleunigen pflegt, so könnte man jenen Unterschied von den mit den verschiedenen Stellungen verbundenen Muskelthätigkeiten ausschließlich herleiten wollen. Guy bemerkte ihn aber auch, wenn er Menschen, die an einem Brette festgebunden waren, prüfte. Wie weit sich der Einfluß der Aufmerksamkeit in dieser Hinsicht geltend macht, muß vorläufig dahingestellt bleiben.

Der Schlaf vermindert die Zahl der Pulsschläge. Der Genuß kräftiger Nahrungsmittel und vorzüglich geistiger Getränke, Gemüthserregungen, die Muskelanstrengung, eine größere Hitze und nach Einigen auch eine Abnahme des Luftdruckes beschleunigen in der Regel die Herzthätigkeit.

Gegenseitige Verhältnißzahl der Herzschläge und der Athemzüge.

§. 703. Man kann als Norm annehmen, daß drei bis vier Herzschläge auf einen Athemzug zu kommen pflegen. Das Kind sowohl als der Erwachsene liefern meist 3,0 bis 3,8 als Durchschnittsgrößen. Quetelet berechnete jedoch auch 4,4 für das Alter von 25 bis 30 und Guy 4,2 bis 4,3 für das Alter von 75 bis 85 Jahren.

Einfluß der künstlichen Athmung auf das Herz.

§. 704. Die Athmung und die Herzbewegung stehen in der innigsten Wechselwirkung. Ruht der Herzschlag in einem frisch getödteten Thiere, so kann man ihn oft von Neuem erwecken, wenn man Luft von

der Luftröhre aus einbläst und wiederum aussaugt. Diese künstliche Athmung unterhält auch den noch vorhandenen Herzschlag des gestorbenen Geschöpfes länger, als er sich ohne dieses Hilfsmittel behaupten könnte. Da das Athmen für die Umwandlung des durchströmenden Blutes vorzugsweise berechnet ist, so versteht es sich von selbst, daß es auch umgekehrt von der Herzthätigkeit wesentlich abhängt.

§. 705. Diese Verknüpfung hat nicht zur Folge, daß beide Erscheinungen in gleichem Maaße steigen und fallen müssen. Guy fand z. B., daß durchschnittlich 3,6 Herzschläge des Morgens und nur 3,4 des Abends auf einen Athemzug kamen. Das Liegen ergab 5,0, das Sitzen 3,4 und das Stehen 3,0. Das Alter von 50 bis 60 Jahren lieferte 3,7 für den Mann und 3,6 für die Frau, das von 80 bis 90 Jahren dagegen 3,0 und 3,5 bis 3,2.

§. 706. Wir haben schon §. 580 gesehen, daß sich die Capacität der Herzhöhlen aus den Verhältnissen der Leiche mit Sicherheit nicht bestimmen läßt. Viele in dieser Beziehung angestellte Messungen ergeben höchstens mit einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit, daß die Kammersystole ungefähr 100 bis 150 Grm. Blut in die Lungen und eben so viel in den Körperkreislauf eines erwachsenen kräftigen Menschen einzutreiben pflegt. Capacität der Herzhöhlen.

§. 707. Man besitzt vorläufig kein Verfahren, das diese Frage auf einem anderen Wege zuverlässig beantworten könnte. Manche Thatsachen scheinen aber anzudeuten, daß sich die eben erwähnten Schätzungen von der Wahrheit nicht sehr entfernen.

Hatte Abegg [24]) die Ausgangswege des klopfenden Herzens von 8 Kaninchen zugebunden, so fand sich, daß die Schwere der in den Herzhöhlen enthaltenen Blutmasse der des Herzens selbst ziemlich nahe kam. Das kleinste Gewicht von diesem betrug 2,05 Grm. Es enthielt aber 1,92 Grm. Blut. Die Maximalwerthe waren 4,77 Grm. für jenes und 3,66 Grm. für dieses. Zieht man das Mittel aus allen acht Beobachtungen, so findet man 3,1 Grm. für das Herz und 2,6 Grm. für die eingeschlossene freie Blutmasse. Rechnet man nun noch hinzu, daß eine gewisse Menge Blutes in den Kranzgefäßen des Herzens und den mit ihnen zusammenhängenden Capillaren zurückbleibt, so wird man nicht sehr irren, wenn man ungefähr $^9/_{10}$ des Herzgewichtes als Blutwerth annimmt.

Das gewöhnliche Gewicht des Menschenherzens liegt zwischen 190 und 380 Grm. Verhielte es sich, wie die oben erwähnten Kaninchenherzen, so würde es 171 bis 342 Grm. Blut führen.

Läßt man den kurzen nicht immer vorhandenen Zeitzwischenraum, der sich zwischen dem Ende der Systole der Kammern und dem Anfange der nachfolgenden Vorhofzusammenziehung eindrängen kann, unberücksichtigt, so füllen sich entweder nur die Vorkammern während der Systole der Kammern oder nur diese während der Zusammenziehung der Vorhöfe. Man verfährt daher wahrscheinlich am Richtigsten, wenn

man die in dem Herzen abgeschnittene Blutmasse so berechnet, als wären zwei Kammern oder zwei Vorkammern möglichst angefüllt. Abegg giebt zwar an, daß sein Unterbindungsfaden die Schlagadern zuerst traf, während die Venen offen blieben. Bedenkt man aber, daß das bloßgelegte Kaninchenherz rascher, als das Menschenherz schlägt und der einzige vorhandene Unterbindungsfaden erst, wenn er vollständig zugeschnürt war, genügend wirken konnte, so wird man die oben erwähnte Deutung der Thatsachen nicht unwahrscheinlich finden.

Bieten die rechte und die linke Kammer den gleichen Hohlraum im lebenden Menschen dar (§. 579.), so wird hiernach jede von ihnen 85,5 bis 171 Grm. oder im Durchschnitt ungefähr 128 Grm. Blut hervorstoßen. Die aus der Leiche entnommenen Wahrscheinlichkeitszahlen betrugen aber 100 bis 150 Grm. oder etwa 125 Grm. (§. 706.).

Blutmenge, die jeder Herzstoß forttreibt.

§. 708. Wir haben §. 37 gesehen, daß die mittlere Eigenschwere des Blutes 1,06 beträgt. 125 Grm. würden dann 118 C. C. geben. Man sieht hieraus, daß die Blutmasse, die mit jeder Kammerzusammenziehung fortgestoßen wird, das Blut eines nicht unbedeutenden Theiles der Anfangsbezirke des Schlagadersystemes verdrängen wird. Da ich mir eine nähere Vorstellung dieses Verhältnisses verschaffen wollte, so wählte ich ein Präparat, in dem die Bauchaorta eines erwachsenen Menschen rückwärts oder nach dem Herzen zu vollkommen gefüllt worden war. Die Wachsmasse schloß mit den vollständig und regelrecht gefüllten, halbmondförmigen Taschen. Diejenige, welche die aufsteigende Aorta (*e*, Fig. 100, S. 184.), den Aortenbogen (*f*) und die absteigende Aorta (*g*) bis zur gleichen Ebene mit dem unteren Rande der halbmondförmigen Taschen, die 27 Mm. langen Anfangstheile des ungenannten Stammes (*h*), der linken Halsschlagader (*i*) und der linken Schlüsselbeinarterie (*k*), so wie eine Strecke von 6 Mm. der Kranzschlagader (*l*) anfüllte, lieferte ein Volumen von 120 C. C. Es wird daher jeder Herzstoß nahebei die gleiche Masse Blutes eintreiben. Da die Widerstände der einzelnen Gefäße ungleich ausfallen, so ist natürlich hiermit noch nicht gesagt, daß jene dieselben Abschnitte der erwähnten Gefäße aufsuchen wird.

Schnitt ich die Injectionsmasse dicht über dem oberen Rande der geschlossenen, halbmondförmigen Klappen der Aorta ab, so ergab sich, daß zwei etwas mehr und eine etwas weniger als 3 C. C. einnahmen. Setzen wir 9 C. C. für alle drei voraus, so wird etwa $^1/_{13}$ bis $^1/_{14}$ der mit jeder Systole eingetriebenen Blutmasse während der Diastole der Kammer zurücksinken. Alles Uebrige dagegen bleibt dem regelrechten, centrifugalen Fortgange überliefert.

Geschwindigkeit des Schlagaderblutes.

§. 709. Guettet gab nach Berechnungen, deren Grundlage noch nicht bekannt worden, an, daß die mittlere Geschwindigkeit des Schlagaderblutes zwischen Systole und Diastole 0,5 Meter beträgt. Volkmann und Hüttenhein[23]) bemühten sich, in einzelnen Säugethieren unmittelbar aufzufinden, mit welcher Schnelligkeit die Blutmasse in einer gegebenen Schlagader dahin geht. Sie ersetzten eine Strecke derselben

durch eine eingebundene Messingröhre von 3 Mm. Oeffnung, an der eine bogenförmige, mit ihren beiden Enden seitlich einmündende Glasröhre angebracht war. Zwei anderthalbfach durchbohrte Hähne, die an diesem sogenannten Hämodromometer angebracht waren, machten es möglich, daß man das Blut entweder geraden Weges durch die Messingröhre fließen oder zu dem Umwege durch die mit Wasser, einer kohlensauren Natron- oder einer Kochsalzlösung gefüllte Glasröhre zwingen konnte. Die Letztere gestattete aber den freien Anblick und mithin auch die unmittelbare Bestimmung der Geschwindigkeit mit Hilfe der Secundenuhr.

Ein Versuch, der an der Carotis des Hundes angestellt wurde, ergab eine Secundengeschwindigkeit von 0,273 Meter. Drei an dem Pferde gemachte Beobachtungen lieferten 0,546 bis 0,631. Alle diese Zahlen wurden mittelst einer Vorrichtung, in der jeder der beiden Hähne einzeln gedreht werden mußte, aufgefunden. Es lag mithin die Gefahr nahe, daß die Oeffnungen nicht völlig gleichzeitig frei wurden. Wählte man einen Apparat, in dem sich die beiden Hähne bei einer Drehung wenden ließen, so lieferte die Halsschlagader einer Ziege 0,318 und die Fußschlagader eines Pferdes 0,057 Meter.

Weder die metallene noch die zur unmittelbaren Beobachtung dienende Glasröhre besitzen den gleichen Durchmesser, wie das entfernte Schlagaderstück. Es fehlt ihnen die Elasticität und derselbe Grad von Glätte der Innenwand. Sie zwingen die Blutmasse zu Abwegen, die gewisse Widerstände bedingen. Das Wasser, die Natron- oder die Kochsalzlösung bilden eine fremdartige Flüssigkeit, die mit dem Blute zum Theil vermischt, zum Theil verdrängt wird und die Wärme desselben nicht hat. Einzelne dieser Nebenverhältnisse werden die Schnelligkeit herabsetzen. Die Mischung des nur durch seine Farbe kenntlichen Blutes mit der farblosen Flüssigkeit des Glasrohres und der Mangel der Elasticität der Wände können das Entgegengesetzte bewirken. Es frägt sich daher sehr, ob man richtige Geschwindigkeitszahlen auf diesem Wege je erhalten kann.

Die nähere Betrachtung der gefundenen Werthe kann diese Bedenken nur unterstützen. Das Blut soll in der Halsschlagader des Pferdes doppelt so schnell, als in der des Hundes fließen. Die für die Ziege gefundene Zahl beträgt ebenfalls nur die Hälfte der Maximalgröße des Pferdes. Die Stromkräfte sind in allen drei Thieren so ziemlich die gleichen. Die verhältnißmäßigen Capacitäten weichen ebenfalls nicht so bedeutend ab. Eine Vermehrung der Geschwindigkeit des Blutlaufes könnte durch eine Vergrößerung der Zahl der Herzschläge bedingt werden. Das Pferd liefert aber nur 40 bis 50 für die Minute, während die Ziege 80 bis 85 und der Hund 90 zu haben pflegt.

§. 710. Es läßt sich von vorn herein erwarten, daß die Geschwindigkeit des Inhaltes der größeren Schlagadern in kurzen Zeiträumen beträchtlich wechseln wird. Das Flußbett bleibt so ziemlich beständig. Es ändern sich dagegen die Stärke und die Schnelligkeit des Herzschlages

und die positive oder negative Größe des Athmungseinflusses. Jede Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit müßte daher von großen Beobachtungsreihen, die an demselben Gefäße unter möglichst regelrechten Verhältnissen wiederholt werden, ausgehen.

§. 711. Wir haben schon §. 645 fgg. gesehen, daß die Erweiterung des Flußbettes, die Vergrößerung der reibenden und adhärirenden Oberfläche und die allmählige Ausgleichung der Ausathmungswellen die Schnelligkeit des Blutlaufes in dem Verlaufe der Schlagaderzweige immer mehr herabsetzen. Es wird daher die Flüssigkeit mit einer nicht sehr großen Geschwindigkeit an der Grenze der Haargefäße anlangen und in dieser selbst noch langsamer dahingehen. Da aber alle jene Bedingungsglieder mit der Verschiedenheit der Theile wechseln, so ergiebt sich von selbst, daß ungleiche Geschwindigkeitswerthe an den einzelnen Orten vorkommen müssen.

Geschwindigkeit des Blutes in den Haargefäßen.

§. 712. Hales schrieb eine Secundengeschwindigkeit von 0,3 Mm. dem Blute der Haargefäße der Bauchmuskeln und eine 45 Mal so große Schnelligkeit dem der Lungencapillaren des Frosches zu. E. H. und Ed. Weber, die ihre Untersuchungen an Froschlarven anstellten, sahen die Blutkörperchen mit einer solchen von 0,45 bis 0,64 Mm. dahin gehen. Die Lymphkörperchen des Blutes rollten dagegen nur mit 0,033 bis 0,047 Mm. dahin. Die Capillaren der Schwimmhaut des Frosches lieferten mir im Durchschnitt $1/_2$ Mm. Die Schnelligkeit kann jedoch auch hier bis $1/_5$ Mm. sinken. Die Haargefäße der Froschlarven dagegen zeigten mir $1/_4$ bis $1/_3$ Mm. als gewöhnliche Werthe. Die Embryonen des Hechtes und des Barsches führten zu ähnlichen Größen. Legen wir $1/_5$ bis $2/_5$ Mm. zum Grunde, so würde dann 1 Meter Länge $41^2/_3$ bis $83^1/_3$ Minuten in Anspruch nehmen.

§. 713. Wir werden sogleich sehen, daß wahrscheinlich die ganze Blutmasse in weniger als zwei Minuten die Lungen- und die Körpergefäße ein Mal durchsetzen kann. Die eben erwähnte Langsamkeit des Blutlaufes der Haargefäße dürfte daher auf den ersten Blick mit Recht befremden. Bedenkt man aber, daß das in seiner Bewegung nicht gestörte Blutkörperchen eine nur sehr kurze Strecke der Haargefäße zu durchlaufen hat, daß es bald wieder in einen Venenstamm übergeht, so ergiebt sich, daß jene geringe Schnelligkeit in den feineren Gefäßen von der größeren in den stärkeren Stämmen längst aufgewogen wird. Es kann daher die mittlere Schnelligkeit der gesammten Blutbewegung ziemlich groß ausfallen. Der bloße Anblick des Haargefäßkreislaufes kann schon häufig unmittelbar zeigen, um wie viel beträchtlicher die Geschwindigkeitswerthe ausfallen, wenn sich noch die Blutkörperchen in einer kleinsten Schlagader befinden oder in eine Blutaderwurzel von Neuem eingetreten sind.

Kreislaufsdauer.

§. 714. Hering hat zuerst den Versuch gemacht, die mittlere Kreislaufszeit auf dem Wege des Versuches im Pferde zu bestimmen. Man spritzt eine Auflösung von Eisenkaliumcyanür in die Drosselblut-

ader des Thieres in centraler Richtung ein, während man gleichzeitig Blut aus einer zweiten Vene, z. B. der Schenkelhautblutader abfließen läßt und in immer anderen Gefäßen nach je 5 Secunden auffängt. Hat sich das Serum abgeschieden, so prüft man es mit Eisenchlorid. Diejenige Masse, in welcher der erste Niederschlag von Berlinerblau auftritt, wird dann von dem gesuchten Zeitwerth Rechenschaft geben. Nimmt man nämlich an, daß das blausaure Eisenkali nur auf mechanischem Wege mittelst des Kreislaufes fortschritt, so mußte es den Endtheil der Drosselblutader und der oberen Hohlader, das rechte Herz, den ganzen Lungenkreislauf, das linke Herz, das Arteriensystem bis zu den Haargefäßen des Fußes, diese selbst und die entsprechende Venenbahn bis zur Schenkelhautblutader, mithin den ganzen Athmungs- und den größten Theil des Körperkreislaufes durchsetzen.

§. 715. Hatte Hering den Aderlaß aus der zweiten Drosselblutader, der großen Schenkelhautblutader, der äußeren Kiefer- oder der Mittelfußschlagader entnommen, so wechselten die Werthe zwischen 10 und mehr als 40 Secunden. Poiseuille fand 25 bis 35 Secunden für die andere Drosselblutader. Dieser letztere Forscher glaubt sogar auf demselben Versuchswege nachweisen zu können, daß gewisse Zusätze die Geschwindigkeitsgrößen aus rein physikalischen Gründen ändern können. Eine Auflösung von essigsaurem Ammoniak strömt durch feine Glasröhren schneller, Weingeist dagegen langsamer, als reines Wasser. Ein und dasselbe Pferd lieferte 25 bis 30 Secunden für eine einfache Auflösung des Blutlaugensalzes, 18 bis 24 für eine zweite, die essigsaures Ammoniak, und 40 bis 45" für eine dritte, die Weingeist enthielt.

§. 716. Die Zahl der Herzschläge des Pferdes steigt nicht nothwendiger Weise in Folge der Einspritzung des Blutlaugensalzes. Hering erhielt überdies so ziemlich die gleichen Zeitwerthe, der Puls mochte rascher oder langsamer gehen. Bedenkt man, daß jene Versuche nur diejenigen Zeitgrößen liefern, in denen die ersten Mengen des Eisenkaliumcyanürs in dem Aderlaßblut zufällig anlangen und daß ein kleineres Volumen der mit jeder Kammersystole ausgestoßenen Blutmasse die größere Schnelligkeit der Herzschläge ausgleichen kann, so dürfte jene Erfahrung weniger befremden.

Man darf vermuthen, daß zwei andere Nebenumstände zu kleine Zeitwerthe in jenem Versuchsverfahren herbeiführten. Die Lösung des Blutlaugensalzes wird nicht so einfach mechanisch, wie die Masse der Blutkörperchen weiter getrieben. Sie mischt sich mit dem schon ohnehin in Bewegung begriffenen Blute. Sie kann sich überdies innerhalb der Ernährungsflüssigkeit weiter verbreiten. Es wäre möglich, daß hierdurch gewisse Mengen des Salzes aus dem rechten Herzen in das linke übertreten, ohne daß sie erst den Lungenkreislauf durchgemacht haben. Künftige Erfahrungen werden über diese Bedenken näher entscheiden müssen.

§. 717. Nehmen wir an, daß jeder der 70 Herzschläge, die der Erwachsene in der Minute zu liefern pflegt, 125 Grm. Blut in den Körper- und

eben so viel in den Lungenkreislauf treibt, so wird das Ganze 8,8 Kilogr. für jene Zeiteinheit betragen. Da dieses mehr als die Hälfte der Blutmenge ausmacht, so muß auch die Kreislaufsdauer weniger, als 2 Minuten unter jener Voraussetzung in Anspruch nehmen.

Eintritt fremder Stoffe in das Blut. §. 718. Wir werden in der Ernährungslehre finden, daß manche Stoffe in die Blutadern ohne Nachtheil eingespritzt werden können, andere dagegen durch ihre gröberen chemischen Eigenschaften schaden oder auf dem Wege der Nervenlähmung tödten. Die atmosphärische Luft, von der die Erfrischung des dunkelroth gewordenen Blutes abhängt und die das still stehende Herz des getödteten Thieres von Neuem beleben kann, vermag dessenungeachtet wie das heftigste Gift ihrer mechanischen Eigenschaften wegen einzuwirken.

Lufteintritt in d. Venen. §. 719. Es hat sich ereignet, daß Menschen, an denen chirurgische Operationen in der unteren Halsgegend vorgenommen wurden, unter den Händen des Wundarztes gestorben sind, ohne daß der Blutverlust oder irgend eine Nervendurchschneidung den Unglücksfall erklärt hätte. Man hörte dagegen die Luft während der Athmungsaspiration (§. 739.) in die verletzte Drosselvene einstürzen. Spritzt man geringere Luftmassen in die Halsblutader eines lebenden Pferdes in centraler Richtung ein, so kann das Thier am Leben erhalten bleiben. Steigt hingegen die Menge der Atmosphäre auf mehrere Liter, so pflegt der Tod binnen wenigen Minuten nachzufolgen.

§. 720. Diese nachtheilige Wirkung rührt wahrscheinlich davon her, daß die in dem klebrigen Blute emulsionsartig (§. 493.) enthaltenen Luftmassen einen großen Theil der Haargefäße der Lungen verstopfen, den Athmungskreislauf in hohem Grade beschränken und die Erstickung herbeiführen. Da der Querschnitt der feinsten Lungencapillaren des Menschen bis auf $1/300000$ Quadratmillimeter herabgeht, so werden einige tausend C. C. möglichst fein vertheilter Luft hinreichen, die Mehrzahl der zarteren Athmungsgefäße zu verstopfen. Genauere quantitative Bestimmungen, welche diese Erklärung sicherer feststellten, fehlen jedoch noch gänzlich.

Leerheit der Schlagadern der Leiche. §. 721. Man kann in enthaupteten Menschen und Säugethieren bemerken, daß die linke Kammer früher als die rechte zu schlagen aufhört. Da sich überdies die Schlagadern kurz nach dem Tode möglichst verengern (§. 637.), so wird ihr Blut nach den Haargefäßen und den Blutadern größtentheils hinübergetrieben. Gerinnt es nun, ehe die elastischen Schlagaderwände (§. 637.) ihre Hohlräume wiedergewinnen, so können diese später nur elastisch flüssige Stoffe zur Raumerfüllung einsaugen. Es erklärt sich hieraus, weshalb die meisten Körperarterien der Leiche, wie man sich ausdrückt, leer gefunden werden. Es ergiebt sich zugleich, daß der Mangel an Gerinnbarkeit die Erscheinungen ändern wird. Man findet dann in der That, daß viele Schlagadern flüssige Blutmassen einschließen.

§. 722. Da die bloße Füllung der Gefäße die Wände von diesen beträchtlich anspannt, so hört die Blutbewegung nach der Entfernung des Herzens nicht plötzlich auf. Wenn die Gerinnung keine Nebenhindernisse bereitet, so fließt Blut zu den Durchschnittsenden der Gefäße so lange heraus, bis die Menge des Inhaltes dem Gleichgewichtszustande der Gefäßwände und dem äußeren Drucke entspricht. Man kann daher noch lange eine einförmige Blutbewegung in den Haargefäßen durchsichtiger Theile nach dem Ausschneiden des Herzens antreffen. Die von einzelnen früheren Forschern getheilte Ansicht dagegen, daß diese Erscheinung die selbstständige Mitwirkung der Haargefäße während des Kreislaufes beweise, fußt, wie man sieht, auf einer unrichtigen Deutung. Die Strömung, die man in den Capillaren bemerkt, weicht auch von der, die man im Leben beobachtet, wesentlich ab. Entleerung der Gefäße nach der Entfernung des Herzens.

§. 723. Das Blut der Leiche senkt sich häufig nach den tiefsten Stellen hinab. Es erzeugen sich auf diese Weise die rothblauen bis violetten Todtenflecke. Da die Gerinnung in der Ausscheidung des Faserstoffes besteht, so muß natürlich das Serum wässriger, als die lebende Blutflüssigkeit ausfallen. Jede wässrige Auflösung ändert aber die Blutkörperchen. Sie schwellen an und verlieren ihre platte Gestalt, weil sie Wasser aufnehmen und feste Bestandtheile und zwar unter diesen den rothen Blutfarbestoff abgeben. Es erzeugt sich hierbei eine mehr oder minder rothe Flüssigkeit, die auf dem Diffusionswege weiter zu dringen vermag. Manche Theile der Leiche, wie z. B. die Schlagaderwände, erscheinen daher nicht selten eben so gut roth gefärbt, als die Umgebungen der Gallenblase eine gelbe Farbe darzubieten pflegen. Die gelbgrünen oder grünen Flecke dagegen, die mit dem Fortschritt der Zersetzung auftreten, rühren von neuen Verbindungen, welche die durchgreifendere Fäulniß erzeugt hat, ausschließlich her. Todtenflecke.

Athmung.

---

§. 724. Da sich die äußere Körperoberfläche des Menschen und der Thiere in der Atmosphäre oder in dem mit Luft geschwängerten Wasser badet, so wird sich das in der Haut kreisende Blut einer gewissen Menge von Kohlensäure entledigen und Sauerstoff aufnehmen (§. 154.) oder sich mit einem Worte erfrischen können. Da sich aber hier weit weniger Blut, als sich in den übrigen Körpertheilen gleichzeitig abnützt, umwandelt, so war die Natur genöthigt, besondere Athmungswerkzeuge, in denen größere Blutmassen von Neuem hellroth Nothwendigkeit besonderer Athmungswerkzeuge.

werden, herzustellen. Die in der Luft lebenden Geschöpfe erhielten deshalb ihre Lungen und die im Wasser befindlichen ihre verschiedenartigen Kiemengebilde.

§. 725. Es kommt hierbei vor Allem darauf an, daß eine größtmögliche Oberfläche der Luft mit einer möglichst ausgedehnten von Blut in Wechselwirkung tritt. Wir werden in der Absonderungslehre sehen, daß baumförmige Verzweigungen diese Aufgabe in sehr vollkommener Weise lösen. Viele Kiemen bilden daher dichte Verästelungen, die innerlich von Blutgefäßnetzen durchzogen, äußerlich dagegen von Wasser umspült werden. Die Bronchi oder die Gabeläste der Luftröhrenverzweigungen theilen sich in den ausgebildeten Lungenformen des Menschen und der Säugethiere in immer untergeordnetere Stämmchen, bis sie endlich mit blinden Endstücken, den sogenannten Lungenbläschen schließen. Diese enthalten aber selbst noch Falten, damit sich die Oberfläche noch mehr vergrößere. Nimmt die Ausbildung der Lungen in niederen Luftthieren ab, so tritt ein Hohlraum, von dem bisweilen eine Menge anderer mit Netzscheidewänden versehener Nebenhöhlen ausgeht, auf. Wir erhalten auf diese Weise die Lungensäcke der Reptilien, deren Athmungsthätigkeit mit der Zahl der Trennungswände zunimmt, und endlich den noch einfacheren Athmungssack, dem wir in vielen Lungenschnecken begegnen.

Athmungs- und Ernährungscapillaren.

§. 726. Die Athmung soll das dunkelrothe Blut hellroth machen. Die vor Allem von den Haargefäßen ausgehende Ernährung dagegen führt zu der entgegengesetzten Farbenveränderung. Da nun die Athmungswerkzeuge erfrischtes Blut, gleich den übrigen Körpertheilen, zu ihrer Erhaltung nöthig haben, so standen zwei Wege offen. Die in dem Innern der Athmungswerkzeuge enthaltenen rückführenden Blutadern (§. 573.) konnten sogleich Aeste, die in Ernährungscapillaren übergingen, aussenden. Oder die Aorta und deren Zweige lieferten Aeste, die sich in den Lungen in ähnlicher Weise, wie in den übrigen Körpergebilden vertheilten. Die Erfahrung lehrt, daß die Natur diesen zweiten Weg in den Kiemen, wie in den Lungen vorgezogen hat.

§. 727. Die Bronchialschlagadern des Menschen und der Luftthiere, aus denen die Ernährungscapillaren der Lungen hervorgehen, stammen aus den Körperarterien, die Athmungscapillaren dagegen aus der Lungenschlagader. Das hellroth ankommende Blut färbt sich in jenen dunkelroth. Diese dagegen empfangen venöse Blutmassen, um sie in den Lungenblutadern erfrischt abfließen zu lassen.

§. 728. Die noch mit Luft gefüllten Lungen eines erwachsenen Menschen wiegen ungefähr 500 bis 1500 Grm. Ihre Masse selbst beträgt daher weniger, als $^1/_{120}$ bis $^1/_{40}$, wenn man die für beide Geschlechter passenden Durchschnittsgrößen des Körpergewichtes zu 60 Kilogr. in runder Zahl anschlägt. Mögen nun die Lungen eine verhältnißmäßig bedeutendere Masse von Ernährungsblut nöthig haben, so wird doch die Menge desselben viel Mal kleiner als die des Athmungsblutes ausfallen,

weil dieses alles Blut, das in den übrigen Körpertheilen dunkelroth geworden, wiederherstellen soll. Wir haben in der That schon §. 717 schätzungsweise angenommen, daß ungefähr 8,8 Kilogr. Blut die Lungen eines kräftigen Mannes in jeder Minute durchströmen können.

§. 729. Die Hautvenen führen dunkelrothes Blut. Es ergiebt sich hieraus, daß die an der äußeren Körperoberfläche mögliche Wechselwirkung den durch die Ernährung der Haut gelieferten Gegeneinfluß nicht überwinden kann. Wir werden in der That in der Folge sehen, daß die Lungen weit beträchtlichere Luftveränderungen, als die äußere Haut herbeiführen.

Abgeschlossenheit des Athmungskreislaufes des Erwachsenen.

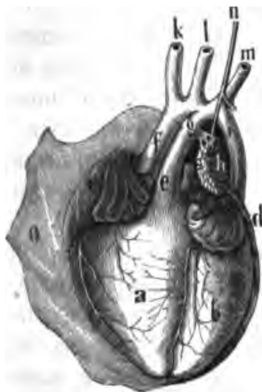
§. 730. Die Bronchialgefäße des Erwachsenen hängen, so viel man weiß, mit den Athmungsgefäßen an keinem Orte unmittelbar zusammen. Das rechte und das linke Herz, die größeren Stämme des Lungen- und des Körperkreislaufes sind hier ebenfalls vollständig geschieden. Es werden daher die Körperschlagadern und die Lungenblutadern nur hellrothes und die Körperblutadern und die Lungenarterie nur dunkelrothes Blut führen.

Vermischung des Lungen- und des Körperkreislaufes in dem Neugeborenen.

§. 731. Anders dagegen verhält sich die Sache in dem Neugeborenen, dem zarten Kinde und den niedersten der mit Lungen athmenden Wirbelthiere oder den verschiedenen Reptilienabtheilungen.

Fig. 139 stellt das Herz eines im achten Schwangerschaftsmonate mit Hilfe der künstlichen Frühgeburt zur Welt gebrachten Mädchens, das zwei Tage darauf gestorben war, in halber natürlicher Größe dar. Wir sehen, daß hier ein Verbindungscanal, der **Botalli'sche** Gang *g*, Fig. 139, von der Lungenschlagader *e* zur Aorta *f* hinübergeht. Da nun jene venöses Blut führt, so wird ein Theil desselben in die Aorta unmittelbar gelangen, sich mit dem hellrothen Blute, das aus der linken Kammer *b* kommt, vermischen und einen dunkleren Farbenton dem in den übrigen Körperschlagadern (*fklm*) fließenden Blute mittheilen.

Fig. 139.



Betrachten wir die Fig. 140 (s. f. S.) in natürlicher Größe dargestellte aufgeschnittene Vorkammer desselben Herzens, so finden wir eine zweite zu dem gleichen Ziele führende Einrichtung. Wir bemerken nämlich, daß die Klappe *c* des eirunden Loches *d* nicht vollständig schließt. Die Vorhofsscheidewand läßt daher eine weite Oeffnung *d* übrig, welche die Hohlräume beider Kammern wechselseitig verbinden kann. Es wird mithin ein Theil des dunkelrothen Blutes des rechten Vorhofes in den lin-

ken unmittelbar abfließen. Der Strom der oberen Hohlvene, *e*, Fig. 140, findet eine Leitungsfurche *f*, die ihn noch eher nach der rechten venösen Mündung *g* und mithin nach der rechten Kammer überführt, der der unteren *a* dagegen gleitet leichter auf seiner Leitungsfurche *b* nach der Gegend des eirunden Loches *d* hin. Wir werden in der Entwickelungsgeschichte finden, daß diese Bahnen ihre bestimmt berechneten Zwecke im Fötus haben. Solche Nebenabsichten fallen dagegen im Neugeborenen hinweg. Es bildet nur hier eine nicht wesentlich schadende Unzweckmäßigkeit, wenn eine gewisse Menge Blutes, das in der unteren Hohlader heraufgekommen ist, die Lungen bisweilen umgeht und sich mit dem erfrischten Blute unmittelbar vermischt.

Fig. 140.



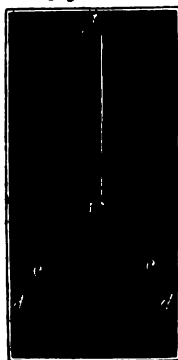
§. 732. Der Botalli'sche Gang *g*, Fig. 139, und das eirunde Loch *d*, Fig. 140, schließen sich in der Regel in dem zarten Kinde. Es ereignet sich aber auch krankhafter Weise, daß vorzüglich die Vorhofsscheidewand eine Oeffnung zurückbehält. Man findet sie nicht selten in Buckeligen, in denen die Verkrümmung des Brustkastens die nöthige Ausdehnung der Lungen beschränkt. Aehnlich wirkende Entartungen der Athmungswerkzeuge können die gleichen Ergebnisse herbeiführen. Es kommt endlich vor, daß das Kind Mißbildungen der großen Gefäße und des Herzens, vermöge deren beträchtliche Mengen dunkel- und hellrothen Blutes gemischt werden, zur Welt bringt.

Blausucht. §. 733. Führt der Inhalt der Körperarterien geringe Mengen nicht erfrischten Blutes, so wird dieses einen nur untergeordneten Einfluß auf die Färbung des Ganzen ausüben. Greift hingegen die Mischung tiefer durch, so empfangen die Ernährungscapillaren der Körpertheile eine auffallend dunklere Blutmasse. Diese schimmert in halbdurchsichtigen Gebilden, wie der Bindehaut des Auges, den Lippen, den äußeren Umgebungen der Nasenöffnungen, dem äußeren Ohre, den Schaamlefzen und den Nagelflächen durch. Da alle jene Theile bläulich gefärbt werden, so hat man auch dieses Leiden mit dem Namen der Blausucht bezeichnet. Personen, welche diese Krankheit haben, werden nie alt. Sie bleiben in der Regel schwächlich und leiden oft an Athembeschwerden. Ein scheinbar unbedeutenderes Lungenleiden kann schon einen Buckligen rasch hinwegraffen, sein eirundes Loch mag offen sein oder nicht.

§. 734. Da die Kiemen frei hervorzuragen pflegen, so wird das in ihnen strömende Blut mit immer neuen Massen des umgebenden Wassers, wenn sich dieses aus irgend einem Nebengrunde bewegt, in Berührung kommen. Die Natur hat dessenungeachtet fast immer eine Mechanik, mittelst der die gebrauchte Flüssigkeit entfernt und neue vorübergeführt wird, hergestellt. Die Lungenorganisation beruht aber darauf, daß die athembare Luft in den Hohlräumen der Luftröhrenverzweigungen wirken soll. Ein für den Luftwechsel berechnetes Pumpwerk war hier unerläßlich gefordert. Die Erwärmung, die Aufnahme von Wasserdämpfen und der Umfangswechsel reichten hier nicht hin, die von den übrigen Nebenumständen gefoderten Geschwindigkeitsgrößen des Gasaustausches darzubieten. Nothwendigkeit der Athmungsmechanik.

§. 735. Steht das Ausgangsrohr *ab*, Fig. 141, in *a* offen, so wird die in *abcc* enthaltene Luft die gleiche Spannung, wie die umgebende Atmosphäre unter gewöhnlichen Verhältnissen darbieten. Nehmen wir aber an, *cc* erweitere sich plötzlich zu *dd*, so wird sich der von *abcc* erfüllte Raum um *cddc* vergrößern. Das in *abcc* eingeschlossene Gas muß sich in dem Verhältniß der Raumzunahme verdünnen und die Spannkraft in entsprechendem Maaße abnehmen. Das Wachsthum des Umfanges führt daher zu einem gewissen negativen Drucke, um den die frühere atmosphärische Spannung herabgesetzt wird. Da aber die der umgebenden Luft die gleiche bleibt, so wird neue Luft von *a* aus so lange einströmen, bis sich die beiderseitigen Druckgrößen ausgeglichen haben. Kehrt *dd*, nachdem dieses geschehen, zum früheren Umfange *cc* zurück, so wird die Raumverkleinerung die in *abdd* enthaltene Luft zu verdichten und ihre Spannung zu erhöhen suchen. Wir erhalten daher hier einen entsprechenden Spannungsüberschuß oder eine positive Druckgröße, die eine gewisse Luftmenge zu *a* hervortreibt. Princip der Athmungsmechanik.

Fig. 141.



§. 736. Betrüge z. B. *abcc* ein Liter und *cddc* 100 C. C., so würde sich der Raum um $^1/_{10}$ vergrößern, wenn *abcc* in *abdd* übergeht. Die Spannung müßte um $^1/_{10}$ abnehmen. Sie würde daher auf $760 - 76 = 684$ Mm. bei 760 Mm. Barometerstand der äußeren Luft herabsinken und erst, wenn 100 C. C. eingeströmt sind, 760 Mm. von Neuem erreichen. Kehrt später *abdd* zu *abcc* zurück, so verkleinert sich der Umfang um $^1/_{11}$ des jetzt vorhandenen Rauminhaltes von 1100 C. C., $^1/_{11}$ des überschüssigen Druckes wird aber jetzt schon 100 C. C., abgesehen von allen Nebenhindernissen, entfernen können.

§. 737. Stellen wir uns nun vor, *cc*, Fig. 142 (s. f. S.), sei von einer zweiten Blase *c'c'* umgeben und der luftdicht geschlossene Raum *cc'c'c* mit einer tropfbaren Flüssigkeit gefüllt, so wird sich das Gleiche wiederholen, wenn *c'c'* zu *d'd'* wird und die Bewegungs=

wände die nöthige Nachgiebigkeit darbieten. Der Gürtel $cc'c'c$ geht dann in den $dd'd'd$, der den gleichen Rauminhalt besitzt, über. cc erweitert sich aber zu dd und saugt dafür eine entsprechende Luftmenge ein. Wird später $dd'd'd$ in $cc'c'c$ von Neuem umgewandelt, so kehrt auch dd zu cc zurück.

Fig. 142.



§. 738. Denken wir uns, $c'c'$ seien die mit der Wandungslamelle des Brustfelles oder der Rippenpleura überzogenen Brustwände, cc die mit Lungenfelle bekleideten Lungen, die zwischen cc und $c'c'$ enthaltene Flüssigkeit das Brustwasser oder die seröse Absonderung des Brustfelles, ba die Luftröhre und a die Stimmritze, so haben wir das Schema der Athmungsmechanik des Menschen. Vergrößert sich der Rauminhalt der Brusthöhle von cc zu dd, so paßt sich das in $cc'c'c$ enthaltene Brustwasser den neuen Verhältnissen in $dd'd'd$ an. Es wird dafür eine der Raumvergrößerung $cddc$ entsprechende Luftmenge von der Stimmritze a aus eingesogen. Die Einathmung oder die Inspiration beruht auf diesem Vorgange. Das Ausathmen oder die Exspiration besteht dagegen darin, daß die Brustwände von $d'd'$ zu $c'c'$ zurückkehren und Luft zu a hervortreiben.

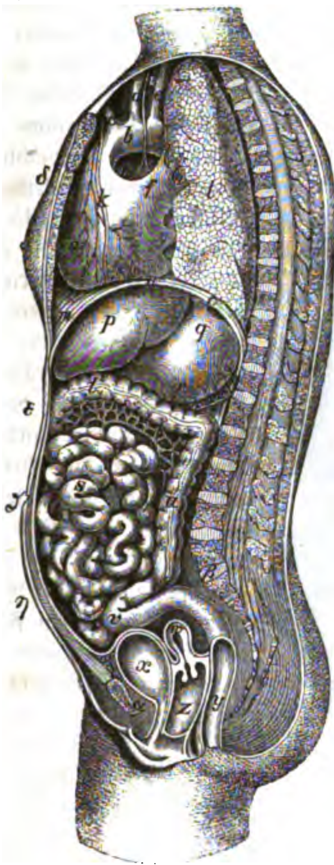
Wechselspiel der Athembewegungen.

§. 739. Fig. 143 kann uns die Art dieses Wechselspieles näher erläutern. Das Zwerchfell mno bildet einen mit seiner Convexität nach der Brusthöhle gerichteten Bogen im Ruhezustande. Zieht es sich bei dem Einathmen zusammen, so plattet es sich ab. Es wird daher ein großer Theil des Raumes mno für die Brusthöhle gewonnen. Der Querdurchmesser der Brust $\gamma\delta$ vergrößert sich ebenfalls mittelst der bald zu erwähnenden Muskelverkürzungen. Wir erhalten hierdurch eine neue Umfangsvermehrung. Der auf diese Weise bedingte negative Druck saugt daher, wo er kann, Flüssigkeiten an, um das Gleichgewicht mit der Spannung der äußeren Atmosphäre herzustellen. Es werden auf diese Art Milchsaft, Lymphe (§. 559.) und Venenblut (§. 674.) nach der Brusthöhle hingetrieben und der peripherische Lauf des Schlagaderblutes beeinträchtigt (§. 625.). Da aber die äußere Luft von der Stimmritze aus freier eindringen kann, so muß sie das Mißverhältniß vor Allem zu beseitigen suchen. Eine gewisse Menge von Atmosphäre strömt deshalb während des Einathmens hinein.

§. 740. Die Ausathmung kann zunächst durch die bloße Elasticität der in dem vorigen Augenblicke verrückten Gebilde zu Stande kommen. Das erschlaffte Zwerchfell, dem der Druck der Baucheingeweide entgegenarbeitet, wird in seine frühere Lage mno, Fig. 143, von selbst übergehen. Die übrige Erweiterung des Brustkastens war nur dadurch

möglich, daß die Rippenknorpel gespannt wurden. Hört dieses Verhältniß auf, so springen sie vermöge ihrer Elasticität von selbst zurück. Es verkleinern sich daher die Querdurchmesser γd und die Höhe der Brusthöhle ohne Weiteres. Während die Einathmung nur auf Muskelthätigkeiten fußen kann, wird die physikalische Rückwirkung, welche der Erschlaffung jener Verkürzungsgebilde auf dem Fuße folgt, die einfachste Form der Ausathmung möglich machen.

Fig. 143.



§. 741. Sollen hingegen größere Luftmassen zur Stimmritze (ι, Fig. 147, S. 244.) hervorbringen, so können die Bauchmuskeln zu Hilfe gezogen werden. Das während der Einathmung abgeplattete Zwerchfell *mno*, Fig. 143, wird die Eingeweide vor sich hertreiben und die Bauchwand $\varepsilon \zeta \eta$ nach außen hinzuwölben suchen. Ziehen sich aber die Bauchmuskeln während der kraftvolleren Ausathmung lebhaft zusammen, so nähert sich $\varepsilon \zeta \eta$ der Wirbelsäule. Die Baucheingeweide drängen dann das Zwerchfell *mno* um so lebhafter nach der Brusthöhle empor. Der Raum von dieser wird um so nachdrücklicher abzunehmen suchen. Wir werden jedoch bald sehen, daß die Bauchdecken auch noch andere Rollen bei dem tiefen Athmen übernehmen können. Das Herabziehen des Brustkorbes vermag überdies die Stärke der Ausathmung noch mehr zu vergrößern.

§. 742. Die Zusammenziehung des Zwerchfells und eine geringe Vergrößerung der Querdurchmesser der Brusthöhle reichen für die ruhige gewöhnliche Einathmung des Menschen hin. Die tiefere oder stürmischere Athmung dagegen fodert die Nebenhilfe einer größeren Menge von Muskeln. Dieser Thätigkeitsbezirk kann in der Athmungsnoth verhältnißmäßig am Stärksten wachsen. Bauchathmung und Rippenathmung.

Prüft man die Verhältnisse in den verschiedenen Lebensaltern des Menschen oder den einzelnen Säugethieren, so findet man bisweilen, daß sich manche Gegenden der Brusthöhle an dem Raumwechsel vorzugsweise

betheiligen. Spielen die Bauchdecken in auffallenderem Maaße, so spricht man von Bauchathmung oder von abdominaler Athmung. Es kann in anderen Fällen vorkommen, daß die untere, und in noch anderen, daß die obere Hälfte des Rippenkorbes sichtlicheren Ortsveränderungen unterliegt. Man erhält daher eine untere und eine obere Rippenathmung. Jene kommt vorzüglich in erwachsenen Männern, diese in Frauen, und die Bauchathmung in Neugeborenen nach Beau und Maissiat vor.

§. 743. Fig. 144 und Fig. 145 kann uns einen Theil dieser Verhältnisse vermöge der von Hutchinson [26]) gelieferten Diagramme klar machen. Fig. 144 stellt die Veränderungen aus einem erwachsenen Manne bei befestigtem Rücken, und Fig. 145 aus der Frau dar. Die ganz schwarz gehaltene freie Linie bezeichnet die geringen Schwankungen, die das ruhige Athmen begleiten. Der vordere Rand bezieht sich auf die Ein- und der hintere auf die Ausathmung. Die punktirte Linie liefert ein Bild der tiefen In- und die vordere Begrenzung des Rumpfes der schwarzen Figur ein solches der tiefen Exspiration. Man sieht zugleich, daß der untere Theil der Brust- und der obere und mittlere der Bauchwände größere Excursionen in dem Manne, als in der Frau schon für das ruhige Athmen liefern. Das tiefe Einathmen führt zu noch merklicheren Unterschieden in dieser Beziehung. Die obere Rippenathmung der Frau verräth sich auch hier auf nachdrücklichere Weise. Man bemerkt zugleich, daß dann die Bauchdecken nicht gewölbt hervorragen, sondern eher eingezogen erscheinen und hinter der ausgedehnten Brusthöhle zurücktreten.

Fig. 144.



Fig. 145.



Einathmungs-, Ausathmungs- u. Befestigungsmuskeln.

§. 744. Die Muskeln, die sich in den stärkeren Athembewegungen möglicher Weise betheiligen, zerfallen in drei Hauptklassen. Die Einathmungsmuskeln oder die Inspiratoren vergrößern den Brusthöhlenraum, während ihn die Ausathmungsmuskeln oder die Exspiratoren zu verkleinern suchen. Da aber viele Muskeln, deren Thätigkeit für die kräftigere Einathmung in Anspruch genommen wird, nur dann mit vollem Nachdrucke wirken, wenn andere Muskeln die Hebel, von denen

sie ausgehen, festgestellt haben, so erhalten wir eine dritte Reihe von Verkürzungsgebilden, die Befestigungsmuskeln oder Fixatoren, welche die Athmung mittelbar bestimmen helfen.

§. 745. Betrachtet man den Brustkorb *c* des in Fig. 146 darge-

Fig. 146.



stellten Skelettes des erwachsenen Menschen, so sieht man, daß die Rippen den Rauminhalt der Brusthöhle auf zwiefachem Wege ändern können. Traten sie früher schief von oben nach unten hinab, so wird ihre Hebung, ihr Uebergang in eine wagerechtere Lage das Brustbein vorwärts schieben und zunächst den von vorn nach hinten gehenden Querdurchmesser der Brusthöhle zu vergrößern suchen. Spannen sie dabei die Rippenknorpel in der Richtung nach außen und drehen sie sich zugleich von innen nach außen, so müssen die von einer nach der anderen Seite gehenden Querdurchmesser an Größe zunehmen. Das zusammengezogene Zwerchfell kann indeß seinen Einfluß auf den Längendurchmesser des Hohlraumes der Brusthöhle ausüben und den Nachtheil, den die Hebung der Rippen in dieser Beziehung bedingt, auszugleichen suchen. Es ergiebt sich hieraus, daß das gleichzeitige Spiel des Zwerchfells und der Rippen alle Durchmesser der Brusthöhle zu verlängern vermag.

§. 746. Da die Länge der Rippen in der Richtung von oben nach unten größtentheils zunimmt und die nachgiebigeren Stäbe der Rippenknorpel in gleicher Hinsicht wachsen, so ergiebt sich, daß die untere Hälfte des Brustkorbes verhältnißmäßig größere Ausschläge liefert. Die in der Nähe der Wirbelsäule, *d*, Fig. 146, eingeleitete Drehung wird um so beträchtlichere Räume durchlaufen, je länger die Hebelarme ausfallen. Wären auch die Verkürzungsmomente die gleichen, so würde doch die untere Hälfte des Brustkorbes im Vortheil bleiben.

§. 747. Das Zwerchfell (Diaphragma), die Zwischenrippenmuskeln (Intercostales), die Unterrippenmuskeln (Subcostales), die langen und die kurzen Rippenheber (Levatores costarum longi und breves), die Rippenhalter (Scaleni), der hintere obere Sägemuskel (Serratus posticus superior) und selbst die übrigen Sägemuskeln, der Kappenmuskel (Cucullaris), die Rautenmuskeln (Rhomboidei), der Schulterheber (Levator scapulae), der Kopfnicker (Sternocleidomastoideus), der absteigende Nackenmuskel (Cervicalis descendens) und der Schlüsselbeinmuskel (Subclavius) können sich in den stärkeren Einathmungsbewegungen möglicher Weise betheiligen. Die tiefere Ausathmung nimmt die Bauchmuskeln, die schiefen, den queren und den geraden (Obliqui abdominis externus und internus, Transversus, Rectus, Pyramidalis) in Anspruch. Der viereckige Lendenmuskel (Quadratus lumborum) kann eine gewisse Nebenhilfe darbieten. Manche Forscher rechnen auch einzelne Bündel der Zwischenrippenmuskeln zu den Ausathmungsgebilden. Der innere Brustmuskel (Triangularis sterni) gehört wahrscheinlich ebenfalls hierher.

§. 748. Da die meisten der eben erwähnten Verkürzungsmassen von dem Schädel *a*, Fig. 146, S. 241, der Wirbelsäule *bd*, dem Schulterblatt *e* oder dem Schlüsselbein *f* ausgehen, so werden alle Muskeln, welche diese Skeletttheile in passenden Lagen erhalten können, die Rollen von Befestigungsmuskeln oder Fixatoren unter geeigneten Verhältnissen zu übernehmen vermögen. Die Bauschmuskeln des Kopfes und des Halses (Splenii capitis et colli), der zweibäuchige und der

durchflochtene Nackenmuskel (Biventer und Complexus), der Nackenzitzenmuskel (Trachelomastoideus), die Kopfmuskeln (Recti und Obliqui capitis), der lange und der Hüftbeinrückenmuskel (Longissimus dorsi und Sacrolumbaris), die Dorn- und Halbdornmuskeln (Spinales und Semispinales), der vielgetheilte Rückenmuskel (Multifidus spinae), die Muskeln zwischen den kleineren Wirbelfortsätzen (Interspinales, Intertransversarii, Rotatores dorsi) und selbst die der Arme gehören dieser Gruppe von Verkürzungsgebilden, wenn man alle Fälle in Betracht zieht, an.

§. 749. Es ist keine Frage, daß die Menge von Muskeln mit der Stärke und der Art, wie die Athmung vollführt wird, wechseln muß. Man war aber bis jetzt noch nicht im Stande, einzelne der vorzüglichsten Gesammtbilder, die hierbei zum Vorschein kommen, genauer zu zergliedern oder näher anzugeben, wie sich die verschiedenen Bedingungsglieder, welche die gesonderten Muskeln liefern, zu einem Ganzen zu verknüpfen pflegen. Der Wechsel der Form und der Beweglichkeit, den die Hartgebilde darbieten und wahrscheinlich auch die Art des anregenden Nerveneinflusses betheiligen sich hierbei in wesentlicher Weise. Man darf daher die Ergebnisse, die man in einem lebenden, gequälten Thiere erhält, auf den regelrechten Zustand des gleichen Geschöpfes nur mit Vorsicht übertragen und um so weniger für den Menschen ohne Weiteres anwenden. Da aber die Betrachtung der in der Leiche zugänglichen Muskelansätze für die Lösung jener Frage nicht hinreicht, so wird sich die Darstellung der Athmungsmechanik jener ungenügenden Allgemeinheit noch lange nicht entziehen können.

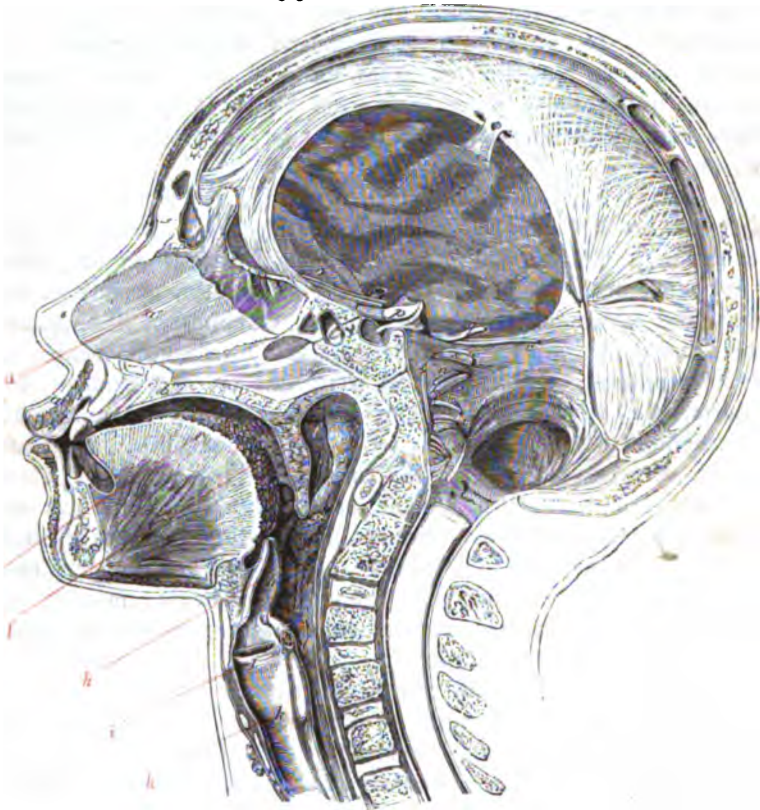
§. 750. Es versteht sich von selbst, daß die äußere Atmosphäre mit der Ausdehnung der Lungen einzustürzen und die Lungenluft mit dem Beginn der Ausathmung hervorzuströmen anfängt. Da sich das Flußbett von der Luftröhre aus nach den Lungenbläschen hin immer mehr vergrößert, so muß der peripherische Einathmungsstrom eine abnehmende und der centrale Ausathmungsstrom eine zunehmende Geschwindigkeit unter der gleichen Druckvertheilung darbieten (§. 106.). Die bis in die feineren Bronchialverzweigungen fortgehenden Knorpelringe verhüten es aber, daß die stärkere, die Luftentleerung anregende Pressung die Ausgangswege verschließt und selbst nur zu sehr einengt. Bewegungsweise der Athemluft.

§. 751. Da die Stimmritze *i*, Fig. 147 (s. f. S.), beträchtlich schmaler, als der Querschnitt der Luftröhre *k* ausfällt, so wird die Athemluft zu einer verengerten Ausgangsöffnung hervorströmen. Die Mechanik lehrt, daß eine solche Einrichtung die Menge der Gase, die ein Gebläse für die gleiche Druckgröße und dieselbe Zeiteinheit liefert, wesentlich erhöht. Legt man die Stimmritze eines lebenden Säugethieres bloß, so findet man, daß sie sich bei der stärkeren Einathmung sichtlich erweitert, während der kräftigeren Ausathmung dagegen verengt. Man sieht hieraus, daß die im Leben vorkommenden Wechselerscheinungen den Abfluß der Athmungsgase zu unterstützen suchen. Stimmritze.

Athmen durch den Mund oder die Nase.

§. 752. Die an dem Kehldeckel *h*, Fig. 147, vorübergehende Luft kann zweierlei Ausgangswege möglicher Weise einschlagen. Sie geht

Fig. 147.



aus dem Schlundkopfe *g*, zwischen der Zunge *c* und dem Gaumen *edb*, um zur Mundspalte *aa* hervorzutreten. Sie kann aber auch von *g* aus durch die Choanen *f* in die Nasenhöhle *a'* gelangen und zu den Nasenlöchern abfließen. Wir sind daher im Stande, durch die Mundhöhle oder die Nasenhöhle allein oder durch beide zugleich ein= und auszuathmen. Obgleich die zwei Abzugscanäle in der Leiche vollkommen offen erscheinen, so findet man doch, daß der ganze Luftstrom zur Mundspalte heraustritt, wenn der Mund weit geöffnet, die Nase äußerlich nicht verschlossen und keine besondere Nebenverbesserung absichtlich eingeleitet worden ist. Wir können dagegen auch alle drei erwähnten Wechselverhältnisse durch willkührliche Muskelthätigkeiten möglich machen.

Kehlkopf.

§. 753. Der Kehlkopf tritt in der tieferen Einathmung herab und in der kräftigeren Ausathmung herauf. Der rein mechanische Zug kann schon Veränderungen der Art herbeiführen. Die mit elastischen Knorpeln ausgerüsteten Nasenflügel können dann ein ähnliches Spiel wie der

Brustkasten (§. 739.) wiederholen. Die Nasenlöcher erweitern sich während der lebhafteren Einathmung. Die längere Ausathmung läßt sie in diesem Zustande verharren oder, wenn kein besonderer Willenseinfluß mitwirkt, zu ihrer früheren geringeren Größe zurückkehren.

§. 754. Da die kräftigeren Athembewegungen Muskelmassen, die sich an den verschiedensten Skelettstücken anheften, in Anspruch nehmen, so darf es nicht befremden, wenn sich dann fast der ganze Körper unter geeigneten Stellungsverhältnissen zu verrücken pflegt. Der Kopf, der Rumpf und ein großer Theil der Beine können bei aufrechter Stellung während des Ein- und Ausathmens in merklicher Weise hin- und herschwanken. *Verrückung des Körpers bei dem tiefen Athmen.*

§. 755. Das Gähnen und das Schluchzen bilden eigenthümliche Abarten ungewöhnlicher Einathmungsbewegungen. Jenes fußt auf einer langsamen Inspiration mit geöffnetem Munde oder erweiterten Nasenlöchern, der eine kürzere Ausathmung nachfolgt, dieses dagegen auf stürmischen Stößen, die in einer krankhaften Thätigkeit des Zwerchfelles begründet sind. *Gähnen und Schluchzen.*

§. 756. Das Anhauchen besteht in einer lebhaften, von einer schwachen Tönung begleiteten Ausathmung. Das Husten liefert stärkere Bewegungen ähnlicher Art, die von kraftvolleren Tönen begleitet werden. Die Gewalt des Ausathmungsstromes reißt Körper, die sich in der Luftröhre befinden, bei dem Räuspern oder dem Husten, und andere, die an der Nasenschleimhaut haften, bei dem Räuspern oder dem Niesen mit sich hinweg. Das Gurgeln kommt durch wiederholte Ausathmungsstöße und das Lachen durch diese und passend eingeschaltete Einathmungen zu Stande. Die verschiedensten Athembewegungen können in der Regel das durch einen vermehrten Thränenfluß ausgezeichnete Weinen begleiten. Die hierbei auftretenden Stimmtöne gehören den Ausathmungsstößen an. Anhaltendes Weinen führt aber auch zu Schluchzen in Folge der fortgesetzten unruhigen Einathmung und der dem Ganzen zum Grunde liegenden Nervenverstimmung. Die Laute, die das Schnarchen begleiten, fußen auf den Schwingungen der Begrenzungswände der meist gleichzeitig erregten Ausgänge der Athemluft. *Anhauchen, Husten, Räuspern, Niesen, Gurgeln, Lachen, Weinen, Schnarchen.*

§. 757. Das gewöhnliche Ein- und Ausathmen liefert schon gewisse Tönungen oder Respirationsgeräusche, die man mittelst des auf die Kehlkopfgegend aufgesetzten Hörrohres (§. 605.) deutlich wahrnimmt. Die Luft pfeift hier durch die enge Stimmritze auf eine vernehmbare Weise durch. Haben sich Schleimmassen in den Athmungswegen angehäuft, so werden die Athmungsveränderungen ein deutliches Rasselgeräusch darbieten. Die Luft kann endlich in größeren Höhlen, die sich in den Lungen erzeugt haben, wiederklingen. Die Untersuchung der Athmungsgeräusche wird daher zu diagnostischen Zwecken häufig gebraucht. *Athmungsgeräusche.*

§. 758. Klopft man an einen dichten Behälter an, so wechselt die Tönung mit der Verschiedenheit der Inhaltsmassen. Die Percussion kann daher auch von den Zuständen der Brust und der Unter- *Percussion der Brust*

leibseingeweide Rechenschaft geben. Die feste Leber liefert dumpfe, der mit Gasen gefüllte Magen dagegen helle Töne. Die krankhafter Weise verstopften und die regelrecht mit Luft gefüllten Lungen können ähnliche Unterschiede darbieten.

Druck der Athemluft.

§. 759. Ein Pneumatometer, d. h. eine dem Blutkraftmesser (§. 86.) entsprechende, mit einem passenden Mundstücke versehene Vorrichtung, dient zur Messung des Druckes, unter dem die Ein- oder Ausathmungsluft steht. Fig. 148 kann einen solchen Apparat versinnlichen. Denkt man sich, der Mensch, an dessen Lippen das Mundstück *e* luftdicht angedrückt worden, athme nur durch den Mund oder vorzugsweise durch diesen, so wird die in *c* befindliche Flüssigkeit bei dem Ein- und die in *b* befindliche bei dem Ausathmen steigen. Das Doppelte des Ausschlages giebt die richtige Druckgröße (§. 86.). Will man geringe Spannungen verfolgen, so füllt man *b c* mit Wasser. Stärkere dagegen werden mit Hilfe einer Quecksilbersäule ermittelt.

Fig. 148.



§. 760. Das möglichst ruhige gewöhnliche Athmen liefert nur wenige Millimeter Quecksilber für jeden der beiden entgegengesetzten Athmungsdrucke. ½ Centimeter übersteigt schon die ganz regelrechten Werthe. Das etwas nachdrücklichere Athmen dagegen führt leicht zu 5 bis 10 Mm. oder noch höheren Zahlen. Athmet man durch den Mund allein, so pflegt sich die Anzeigesäule höher zu heben, als wenn ein Theil der Luft durch die Nase gleichzeitig durchstreicht.

§. 761. Läßt man einen Menschen möglichst tief ein- oder, nachdem er seine Brust, so sehr es angeht, gefüllt hat, ausathmen, so erhält man nicht selten Druckwerthe, welche die Spannung des Carotidenblutes bedeutend übertreffen. Die Körperbeschaffenheit des Menschen übt aber einen wesentlichen Einfluß auf diese Ergebnisse aus. Ein schwächlicher Jüngling von etwas weniger als mittlerer Größe, der früher an Brustbeschwerden gelitten hatte, brachte es nur auf 22 Mm. Quecksilber bei dem Ein- und auf 38 Mm. bei dem Ausathmen. Die höchsten Werthe, die ich in einer früheren, an Studirenden angestellten Beobachtungsreihe erhielt, betrugen — 232 und + 260. Eine neuere Untersuchung lieferte sogar noch bedeutendere Größen für den Ausathmungsdruck. Ein junger Mensch brachte es auf 266, ein zweiter auf 294 und ein dritter selbst auf 326 Mm. Quecksilber. Hutchinson nimmt nach seinen Beobachtungen an, daß 64 Mm. den gewöhnlichen und 254 Mm. einen ganz außerordentlichen Werth darstellen.

§. 762. Die an 32 Studirenden gemachten Beobachtungen lehr-

ten, daß die größtmöglichen Ausathmungsdrucke in Menschen, die sich durch eine kräftige Musculatur auszeichneten, vorkamen. Nur einer von ihnen war schlank und von mehr als mittlerer Größe. Ein zweiter, der auch noch die gewöhnliche Durchschnittslänge überschritt und + 294 Mm. lieferte, zeichnete sich schon auf den ersten Blick durch seine starken Knochen- und Muskelmassen aus. Derjenige dagegen, der 326 Mm. zeigte, war klein, aber so musculös und breitschulterig, daß ich schon vor dem Versuche voraussagen konnte, daß hier beträchtliche Druckwerthe zu erwarten seien.

§. 763. Jeder Mensch kann die Quecksilbersäule des Pneumatometers mit Hilfe einer ununterbrochenen Ausathmung weniger, als wenn er mehrere Stöße gebraucht, emportreiben. Kurze Einathmungsbewegungen schalten sich nicht selten in dem letzteren Falle dazwischen ein.

§. 764. Die Einrichtung des Brustkastengestelles und die Starrheit der Luftröhrenverzweigungen (§. 750.) hindern es, daß die tiefste Ausathmung alle in den Lungen eines gesunden erwachsenen Menschen enthaltenen Gase austreibt. Es bleibt dann vielmehr noch ein gewisser Rückstand, eine Quantität von Residualluft übrig. Die tiefste Einathmung füllt andererseits die Athmungswerkzeuge weniger, als wenn diese in der Leiche unter starker Spannung aufgeblasen werden. Man sieht hieraus, daß die Maxima der Füllung oder der Entleerung, die wir an dem todten Körper bemerken und die ungefähr 8 bis 9 Liter zu betragen pflegen, keine Anwendung auf die Lebenserscheinungen gestatten. Es ergiebt sich zugleich, daß die Menge der in dem Leben vorhandenen Residualluft mit Sicherheit nicht ermittelt werden kann. Größtmögliche Capacität der Lungen.

§. 765. Die Wärme der Lungen eines kräftigen lebenden Menschen beträgt mindestens 37°,5 C. Die uns umgebende Atmosphäre fällt in der Regel beträchtlich kälter aus. Lassen wir die untergeordneten Unterschiede der Wärmecapacität, die der Gaswechsel bedingt, bei Seite (§. 201.), so wird sich die Athmungsluft, wenn sie eine niederere Temperatur im Anfange besitzt, um so mehr erwärmen, je länger sie in den Lungen verweilt und je mehr Berührungsfläche dargeboten wird. Der schon §. 725 beschriebene Lungenbau läßt aber schließen, daß dieses zweite Bedingungsglied mit der Vermehrung der Bronchialverzweigungen wachsen und in den Lungenbläschen am Größten ausfallen wird. Denkt man sich die verschiedenen Ein- und Ausathmungsströme hinweg, so müßte der Unterschied eine gewisse Luftströmung in dem Innern der Athmungswerkzeuge zur Folge haben. Steht oder sitzt der Mensch, so wird die wärmere Luft der Lungenbläschen emporsteigen und die kältere der Luftröhre und der Bronchialverzweigungen hinabgehen, ungefähr wie die größere Menge der erwärmten Luft eines geheizten Zimmers die Decke aufzusuchen und die kältere nach dem Boden zu sinken pflegt. Wir werden überdies später finden, daß die in den Athmungswerkzeugen Statt findende Wasserdampfbildung und selbst der Gaswechsel jene Luftcirculation begünstigen helfen. Luftströmung in den Lungen.

Nutzen der Residualluft.

§. 766. Diese Betrachtung kann uns von den Vortheilen, welche die Residualluft gewährt, Rechenschaft geben. Ginge dasselbe Gas, das in dem ersten Augenblicke eingeathmet worden, mit der nächsten Ausathmung davon, so würde die Zeit, in der sich Blut und Atmosphäre in Wechselwirkung befinden, kürzer ausfallen. Die Residualluft verhütet diesen Uebelstand. Sie bildet keine unveränderliche Flüssigkeit. Sie liefert nur gewissermaaßen einen Grundstock, den die nachfolgende Einathmung um eine gewisse Größe erhöht. Die erwähnte Luftcirculation macht es möglich, daß die nächste Ausathmung nicht alle unmittelbar vorher eingeathmete Luft, sondern eine Mischung von Residualluft und neuer Luft oder einen Theil von jener allein entfernt. Wir haben also hier eine Einrichtung, mittelst deren ein Quantum der eingeführten Luft länger, als ein Athemzug dauert, in den Lungen verweilt. Die drei Hauptveränderungen, die Ausgleichung der Wärmeunterschiede, die Bildung von Wasserdämpfen und der Gaswechsel finden daher mehr Zeit, um vollständiger durchzugreifen. Denkt man sich eine beliebige beständige Größe dieser Veränderungen, so wird die Residualluft es möglich machen, daß jene schon in einer verhältnißmaßig kleineren Luftmenge erreicht wird. Da aber die Einführung des Athemgases von der Mechanik der Muskeln abhängt, so führt zugleich jener Vortheil zur Ersparung einer gewissen Masse von Verkürzungsaufwand der Muskeln.

Erwärmung der Athmungsluft.

§. 767. Dreierlei Umstände verschiedenen Werthes verbinden sich, um die kältere Einathmungsluft in den Lungen zu erwärmen. Es wird eine gewisse Menge von Sauerstoff von der Ernährungsflüssigkeit und dem Blute verschluckt. Die hierbei Statt findende Verdichtung macht eine entsprechende Wärmemenge frei. Diese Erscheinung liefert die verhältnißmäßig geringste Wärmeerhöhung. Ein Quantum Kohlensäure und oft auch etwas Stickstoff treten aus dem Blute hervor. Diese Gase werden daher die gewöhnliche Wärme der thierischen Theile, 37°,5 C. oder etwas mehr besitzen. Diese Quelle ist ebenfalls nur von untergeordneter Bedeutung. Die Hauptsache besteht darin, daß die länger, als während der Dauer eines Athemzuges in den Lungen verweilende Luft (§. 766.) ihre Temperatur mit der der Athmungswerkzeuge auszugleichen sucht. Da aber immer neues warmes Blut durch die Lungen strömt, so kühlen die Athmungswerkzeuge weniger ab. Sie erwärmen die Luft um so leichter, als stets frische Wärmemassen dargeboten werden. Die in den Athmungsorganen Statt findende Wasserdampfbildung liefert dagegen eine entsprechende Temperaturerniedrigung (§. 184.) als Gegenwirkung.

Wärme der Ausathmungsluft.

§. 768. Prüft man die Verhältnisse mit dem Thermometer, so findet man, daß die gewöhnliche Athmung die Luft mit einer Wärme, die 37°,5 C. nahe steht, ausströmen läßt, wenn die äußere Atmosphäre 20° C. hat. Die Athmungsgase liefern daher ungefähr die gleiche Temperatur, wie die inneren Körpertheile. Es war Zeit genug zur Ausgleichung vorhanden. Athmen wir dagegen im Kalten, so besitzt auch

die Athmungsluft niederere Wärmewerthe. Die thermometrische Prüfung ergab mir z. B. nur + 29°,8 C. bei — 6°,3 C. Wir werden sehen, daß sie in diesem Falle 1° bis 2° C. mehr in der Wirklichkeit beträgt. Sie bleibt aber immer hinter 37°,5 C. beträchtlich zurück. Hat uns ein längerer Aufenthalt in der Kälte zum Frieren gebracht, so fällt die Temperatur der Athmungsluft immer noch in den ersten Augenblicken niedriger als sonst aus, wenn wir auch indeß in ein warmes Zimmer eingetreten sind. Athmete ich im Gegentheil Luft von 41°,9 C. ein, so fand ich nur 38°,1 C. oder eine verhältnißmäßig geringe Erhöhung für die Ausathmungsluft.

§. 769. Nehmen wir an, daß sich die eingeathmete Atmosphäre, wenn sie + 20° C. ursprünglich hat, auf 37°,5 C., und wenn sie — 6°,3 C. darbietet, auf 29°,8 C. erwärmt, so ergiebt sich, daß der absolute Temperaturunterschied bei Weitem beträchtlicher für die Kälte, als für mäßige Wärmegrade ausfällt. Die Steigung beträgt 36°,1 C. in dem zweiten und nur 17°,5 C. in dem ersten Falle.

§. 770. Haucht man eine kalte Glasscheibe an, so schlagen sich Wassertropfen binnen Kurzem nieder. Diese einfache Thatsache zeigt schon, daß eine gewisse Menge von Wasserdämpfen in der Ausathmungsluft enthalten ist. Wenn wir unseren Athem in der Kälte als Nebel sehen, so rührt dieses davon her, daß sich die ausgeathmete Luft auf der Stelle beträchtlich abkühlt. Sie kann dann nicht alle Wasserdämpfe, die sie führte, behalten (§. 191.). Der Nebel besteht aus den verdichteten Wassertröpfchen. Wasserdampfgehalt der Ausathmungsluft.

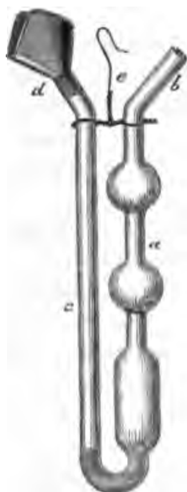
§. 771. Läßt man einen getrockneten Luftstrom durch Wasser streichen, so reicht die kurze Zeit, während der das Gas in der Flüssigkeit verweilt, zu der dem Temperaturgrade entsprechenden Wasserdampfsättigung in der Regel hin. Da nun der größte Theil, wo nicht alle Einathmungsluft länger, als die Dauer eines Athemzuges in den Lungen verweilt, so wird sie sich um so eher mit Wasserdämpfen sättigen können. Dieser Erfolg ist noch dadurch wesentlich begünstigt, daß die Gase mit einer sehr großen befeuchteten Oberfläche in Berührung kommen. Die ruhige gewöhnliche Ausathmung stößt durchschnittlich 500 C. C. aus den Lungen eines mittleren erwachsenen Menschen hervor. Die Oberfläche der Luftröhrenverästelungen und der Lungenbläschen läßt sich zu 12 Quadratmeter und selbst mehr anschlagen. 1 C. C. Luft wird daher 24 Quadr. Cent. Berührungsfläche entsprechen, wenn wir uns vorstellen, daß das ausgeathmete Gas unmittelbar vorher in allen Lungenräumen gleichmäßig vertheilt gewesen. Ist dieses aber auch nicht der Fall, so unterliegt doch keinem Zweifel, daß die ausgedehntesten Contactflächen immer noch vorhanden sind. Wasserdampfsättigung der Einathmungsluft.

§. 772. Wir haben §. 191 gesehen, daß die Wasserdampfsättigung von dem Wärmegrade der Luftmasse wesentlich abhängt. Legt man den Barometerstand von 760 Mm. (§. 188.) zum Grunde, so führt 1 Liter gesättigter Atmosphäre 39 Milligramm Wasserdampf bei 36° C., 41 bei

37° C. und 43 bei 38° C. Wenn einzelne Forscher gefunden zu haben glaubten, daß die Ausathmungsluft nur nahebei mit Wasserdampf gesättigt sei, so liegt dieses wahrscheinlich nur darin, daß sie eine beständige Temperatur von 37°,5 C. ihren Berechnungen zum Grunde legten, während die wahre Wärme etwas weniger hatte. Die Schnelligkeit oder die Art der Athemzüge, bei der eine gewisse Gasmenge die Luftwege augenblicklich wieder verläßt, konnte vielleicht ähnliche Abweichungen herbeiführen.

§. 773. Die Fig. 149 abgebildete Vorrichtung, die Athmungspfeife, kann die Wassermengen am Einfachsten angeben. Die Glasröhre *cab* enthält eine gewisse Menge von Schwefelsäure, welche die Wasserdämpfe auf das Begierigste anzieht und die Luft in vollkommen getrocknetem Zustande entläßt. Athmet man von dem Mundstücke *d* aus durch, so muß die Gewichtszunahme des Apparates die in der entsprechenden Zeiteinheit gelieferte Wassermenge anzeigen.

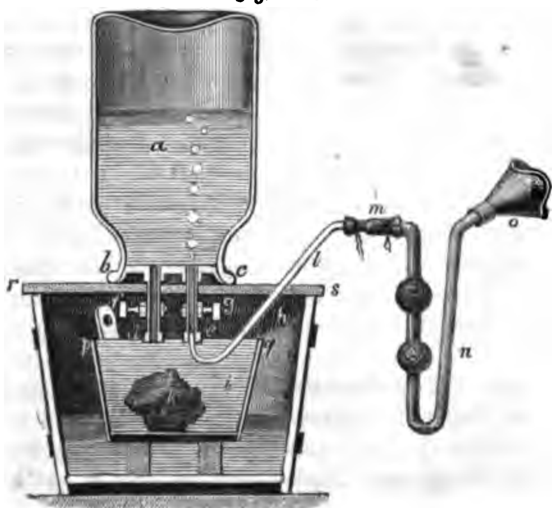
Fig. 149.



§. 774. Bleibt die Wärme beständig, so sättigt eine gegebene Menge von Wasser, das in Dampfgestalt übergegangen, ein bestimmtes Luftvolumen. Ich kann daher dieses aus den beiden ersteren und die Temperatur aus den zwei letzteren Werthen berechnen. Kenne ich die Temperatur und den Rauminhalt einer Luftmasse, so wird die Gewichtsbestimmung der in ihr enthaltenen Wasserdämpfe lehren können, ob sie mit diesen gesättigt war oder nicht.

§. 775. Fig. 150 zeigt eine Vorrichtung, mittelst der die eben erwähnte Wechselcontrolle angestellt zu werden vermag. Sie bildet eine Art pneumatischer Wanne. Das Athemgas strömt in d. Flasche *a*, deren Rauminhalt bis zu einem gewissen Theilstriche vorher bestimmt worden. Athmet man durch *o*, so streicht die Luft durch die mit Schwefelsäure zum Theil gefüllte Athmungspfeife *n* und giebt hier ihr Wasser ab, sättigt sich aber

Fig. 150.



in *a* von Neuem mit Wasserdämpfen. Die Hauptschwierigkeit besteht darin, daß das in *a* enthaltene Gas dieselbe Temperatur, wie das ursprüngliche Gas erhalte. Diese Bedingung kann höchstens bis auf ½° C. mit Sicherheit erfüllt werden.

a, Fig. 150, betrug 7320 C. C., der gleichzeitige Barometerstand 703,6 Mm. und die Temperatur der Luft + 17° C. 7320 C. C. meines Ausathmungsgases enthielten dann 0,289 bis 0,291 Grm. Die Sättigung für 37° C. foderte 0,276 und die für 38° C. 0,292 Grm.

§. 776. Hatte ich den gleichen Versuch in der Kälte, bei — 6°,6 C. bis — 8°,75 C. wiederholt, so erhielt ich 0,215 bis 0,227 Grm. Die Temperatur von 31° bis 33° C. foderte dann aber 0,213 bis 0,235 Grm. für den gleichzeitigen Barometerstand von 725,6 Mm. Die thermometrische Prüfung der Ausathmungsluft lieferte nur 29°,8 C. Man sieht hieraus, daß diese in der Kälte wenig geben kann. Die Berechnung der Wärme der Ausathmungsgase aus dem Wasserdampfgewichte führt in diesem Falle zu zuverlässigen Werthen.

§. 777. Wenn ein Mensch vollkommen wasserfreie Atmosphäre einathmet, so müssen natürlich sein Blut und seine Ernährungsflüssigkeit alles in dem Ausathmungsgase enthaltene Wasser hergegeben haben. Die gewöhnliche Luft pflegt aber immer Wasserdünste einzuschließen. Sie ist mit ihnen bei hellem klaren Wetter und auf trockenem Boden nicht gesättigt, während eines Regens dagegen für ihren Wärmegrad gesättigt. Da die Sättigungscapacität mit der Temperaturerhöhung steigt (§. 191.), so wird sie immer mehr Wasserdämpfe aufnehmen, je mehr ihre Wärme in den Lungen wächst. Der Körper liefert also in diesen Fällen nicht alles Wasser, das mit der Ausathmungsluft davongeht. Es ergänzt nur die vermöge der Wärmeerhöhung nöthig gewordenen Wasserdampfmengen.

Menge des Wassers, die das Blut durch die Dampfbildung verliert.

§. 778. Nehmen wir den einfachsten Fall, daß die Einathmungsluft für + 15° C. und das Ausathmungsgas für + 38° C. mit Wasserdämpfen gesättigt sei, so enthalten 1000 C. C. des ersteren 13 und 1000 C. C. des letzteren 43 Milligramm Wasser. Der Körper muß daher 30 Milligramm für je 1 Liter aus seiner eigenen Masse hinzufügen. Wäre aber die Einathmungsluft nur zur Hälfte gesättigt gewesen, hätte sie nur 6½ Milligramm Wasserdunst enthalten, so würde der Zuschuß 36½ Milligramm betragen haben.

§. 779. Diese Thatsache nöthigt uns, die Mengen von Wasser, die aus den Lungen davongehen, vorsichtiger zu beurtheilen. Setzt man auch voraus, daß die Luft bis zur vollständigen Wasserdampfsättigung in jedem Falle in den Lungen verweilt, so machen sich doch noch andere wesentliche Einflüsse auf den Endwerth geltend. Es hängt, wie wir sehen, von der Wärme der Einathmungsluft ab, wie hoch die Temperatur und mithin auch der Wasserdampfgehalt der Gase steigt. Es ist für die einer gegebenen Zeiteinheit entsprechenden Luftvolumina nicht gleichgültig, ob wir schneller oder langsamer, leichter oder tiefer athmen. Wenn aber ein Mensch 100 Grm. Wasserdampf innerhalb einer gegebenen Zeiteinheit

aus den Lungen entläßt, so hat sein Organismus alle 100 Grm. hergegeben, wenn die umgebende Atmosphäre absolut trocken war. War sie mit Wasserdampf möglichst gesättigt, so trug der Mensch selbst das mögliche Minimum bei. Da aber die Atmosphäre wechselnde, zwischen der absoluten Trockenheit und der vollkommenen Sättigung stehende Wassermengen zu führen pflegt, so müssen erst gleichzeitige Analysen von jener, das was der Organismus wahrhaft liefert, sicherer feststellen.

§. 780. Ein zweiter Umstand erschwert die Ermittelung der absoluten Wassermengen, welche die Lungen innerhalb einer bestimmten Zeitgröße zu verlassen pflegen. Ein Mensch, der in eine Vorrichtung einathmet, athmet nie so unbefangen, als im Freien. Das Bewußtsein, daß die Athmungserzeugnisse geprüft werden, stört schon die nöthige Ruhe des Athmungsspieles. Jeder Apparat setzt gewisse Widerstände dem Durchgange des Luftstromes entgegen. Das Bestreben, diese zu überwinden, verstärkt aber unbewußt die Athmungsthätigkeit.

Absolute Wassermengen der Ausathmungsluft.

§. 781. Da die Mengen von Wasserdampf, welche die Ausathmungsluft führt, mit dem Volumen derselben in inniger Wechselbeziehung stehen, so ergiebt sich von selbst, daß jene mit der Körpergröße steigen oder fallen werden. Ein junger Mann von 18½ Jahren, dessen Körpergewicht 43,5 Kilogr. und dessen Körperlänge 1,55 Meter betrug, lieferte durchschnittlich 0,243 Grm. in jeder Minute. Ein zweiter dagegen, der 87 Kilogr. zu 17½ Jahren wog und 1,71 Meter lang war, hatte 0,537 Grm. Ich selbst, dessen Körpergewicht 54 Kilogr. und dessen Länge 1,61 Meter gleicht, habe 0,267 Grm. Dieses macht 16 Grm. für die Stunde und $^3/_{10}$ bis $^2/_5$ Kilogr. für 24 Stunden.

Mengen der Ausathmungsluft.

§. 782. Die Fig. 150, S. 250 abgebildete Vorrichtung kann von der Menge der Ausathmungsluft in ungefährer Weise Rechenschaft geben. Wenn die Wärme der Einathmungsluft + 15° C. und der Barometerstand 714,9 Mm. betrug, so konnte ich die 7320 C. C. haltende Flasche in 12 Athemzügen, die 71 Secunden in Anspruch nahmen, mit Gas füllen. Die Minute lieferte daher 6,2 Liter und die Stunde etwas weniger, als $^1/_8$ Cubikmeter.

Hat man nicht die Wärme des Absperrungswassers mit der der Ausathmungsgase auf das Genaueste ausgeglichen, so wird sich die Temperatur und mithin auch das Volumen von diesen bei dem Durchstreichen ändern. Nähme man gewöhnliches kaltes Wasser, so würde sich die Luft verdichten. Sie müßte weniger Raum einnehmen. Es würde zu lange dauern, bis die Flasche gefüllt ist. Die für die Zeiteinheit erhaltene Zahl fiele dann kleiner, als sie sollte, aus. Das Absperrungswasser verschluckt aber überdies noch eine gewisse Menge von Kohlensäure, welche die Ausathmungsluft einschließt. Gleicht aber die durch die Absorptionswärme bedingte Temperaturerhöhung und die hieraus hervorgehende Volumenzunahme die übrige Umfangsabnahme nicht aus, so hat man eine zweite Quelle der Raumabnahme.

§. 783. Alle diese Einwände gelten auch für die Fälle, in denen

man die Luftmengen, die mit einem gewöhnlichen Athemzuge oder nach einer möglichst starken Ausathmung davongehen, auf demselben Wege zu bestimmen sucht. Vorrichtungen der Art, wie das bald zu erwähnende Spirometer, können dem Arzte nützen, weil die ihnen anhaftenden Fehlerquellen gegen die in verschiedenen gesunden oder kranken Menschen vorkommenden Unterschiede zurücktreten. Die genaue wissenschaftliche Untersuchung kann aber auf jenem Verfahren nicht fußen.

§. 784. Geht man von der Ansicht aus, daß die Ausathmungsluft für ihre Temperatur mit Wasserdunst gesättigt ist, so kann man genügendere Werthe mit Hilfe einer einfachen Berechnung erhalten. Der mittlere Wärmegrad der Einathmungsluft betrug 15° bis 18° C. und der durchschnittliche tägliche Barometerstand 706,6 Mm. Machte ich 12 Athemzüge, so lieferte ich durchschnittlich 0,246 Grm. Wasser in der Minute. Dieses giebt 6,3 Liter Ausathmungsluft. Wenn diese Bestimmung etwas mehr, als jenes unmittelbare Verfahren gab, so rührte dieses theils von dem geringeren Barometerstande, theils von der etwas höheren Temperatur der Absperrungsflüssigkeit her.

§. 785. Wird die Luft in den Athmungswerkzeugen erwärmt, so dehnt sie sich hierbei unmittelbar aus (§. 195.). Nimmt sie Wasserdämpfe auf, so steigt ihre Spannung in entsprechendem Maaße (§. 191.). Eine abermalige Raumvergrößerung bildet die Folge dieses zweiten Bedingungsgliedes. Wird mehr Sauerstoff verschluckt, als Kohlensäure in den Lungen ausgeschieden, so erhalten wir eine Raumabnahme. Wir werden jedoch in der Folge sehen, daß die Volumenvergrößerung, welche die beiden zuerst genannten Ursachen zur Folge haben, die Umfangsverkleinerung unter den gewöhnlichen Verhältnissen nicht ausgleicht. Das Ausathmungsgas ist daher ausgedehnter, als die entsprechende Einathmungsluft. *Wechsel des Luftvolumens in den Lungen.*

§. 786. Die Art des Athmens führt zu noch größeren Volumensunterschieden, als die eben erwähnten Wechselerscheinungen. Betrachten wir zunächst die absoluten Mengen, so wird ein tiefer Athemzug weit mehr, als ein leiser hervorstoßen. 40 Athemzüge, die ich in der Minute machte, lieferten nur etwas mehr, als 1/7 Liter für jeden, 5 dagegen beinahe 1½ Liter. Berücksichtigen wir dagegen die einer gegebenen Zeiteinheit entsprechenden Massen, so werden sich die Verhältnisse verwickelter gestalten. 40 Athemzüge ergaben in jenem Falle 5,3 Liter in der Minute, 5 dagegen 7,4 oder beinahe die Hälfte mehr. Zweierlei Ursachen können dem Vortheile, den die stärkere und langsamere Athmung darbot, zum Grunde gelegen haben. Der kräftigere Druck erzeugte eine größere Geschwindigkeit. Es ging überdies weniger Zeit nutzlos verloren. *Einfluß der Art des Athmens.*

§. 787. Die gewöhnliche mittlere Luftmenge, die ein erwachsener Mann mit je einer ruhigen oder schwach verstärkten Ausathmung hervorstößt, beträgt ungefähr 500 C. C. Nimmt man an, daß die Lungen, wenn sie nicht von den Brustwänden begrenzt würden, 9 Liter Luft im Maximum fassen könnten, so beträgt jene Durchschnittsgröße ungefähr 1/18 dieses Werthes. *Luftmenge bei gewöhnlichem Athmen.*

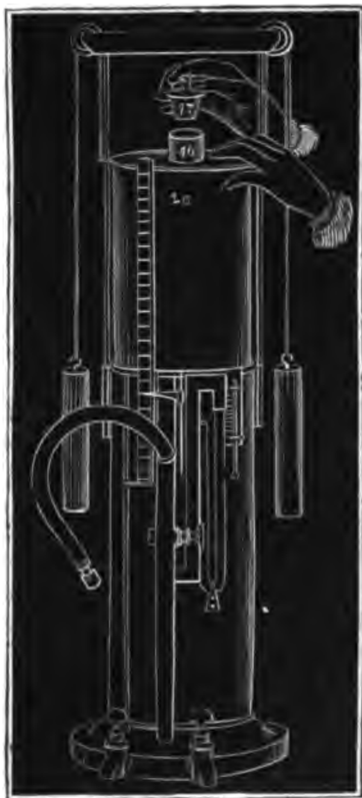
Vitalcapacität der Lungen. §. 788. Hat ein Mensch seine Lungen möglichst entleert und dann so tief als es anging, eingeathmet, so wird die mit der nachfolgenden kräftigsten Ausathmung hervorgestoßene Luftmenge, welche die sogenannte Vitalcapacität der Lungen angezeigt, einen ungefähren Maaßstab für die Größe des im Leben möglichen Wechsels der Lungencapacität liefern. Die Ausbildung der Athemwerkzeuge, die Muskelkraft, die Beweglichkeit der einzelnen Theile des Brustkastens und die Art, wie der Mensch die ihm zu Gebote stehenden Fähigkeiten gebraucht, müssen das Endergebniß unter sonst gleichen Nebenverhältnissen bestimmen helfen. Ist ein Theil der Lungen krankhafter Weise verstopft oder durch Eiterung zerstört worden, so muß natürlich die Vitalcapacität kleiner, als sonst ausfallen. Die Schwäche der übrigen oben erwähnten Bedingungsglieder wird zu demselben Ziele führen.

Spirometer. §. 789. Fig. 151 zeigt das von Hutchinson angegebene Spiro-

Fig. 151.



Fig. 152.



meter, das J. Vogel und Simon [27]) in vereinfachter Form ebenfalls gebraucht haben. Das Ganze bildet ein Gasometer. Das durch das Athmen eingefüllte Luftvolumen wird an der Skale 15, Fig. 151, gemessen. Die Röhre 14 bis 19 dient als Ausathmungsrohr. Die Doppel-

röhre 6,7 enthält gefärbten Weingeist, der den Spannungsunterschied der inneren Luft anzeigen soll (§. 86.). Das Thermometer 13 endlich belehrt über die äußere Temperatur. Ist das Gas eingetrieben, so steigt der Cylinder 20, Fig. 152, in die Höhe. Der an der Skale 15 angebrachte Zeiger giebt daher von der Größe der Vitalcapacität Rechenschaft. Hebt man dann den Stopfen 17, Fig. 152, aus 16 heraus, während man 20 herabdrückt, so kann die Luft entweichen. Es wird dann das Gasometer in seinen früheren, Fig. 151 gezeichneten Zustand zurückkehren.

Berücksichtigt man die schon §. 782 angeführten Verhältnisse und rechnet noch die in allen größeren Gasometern auftretenden Ungenauigkeiten hinzu, so ergiebt sich, daß es sich hier nur um ungefähre, für die ärztliche Prüfung, nicht aber für einzelne wissenschaftliche Bestimmungen genügende Bestimmungen handeln kann.

§. 790. Hutchinson, der 1923 Menschen und zwar größtentheils kräftige Männer untersuchte, fand schon, daß die Vitalcapacität mit der Körperlänge sichtlich wächst. Simon bestättigte das Gleiche in einer 93 Personen umfassenden Untersuchungsreihe. Hutchinson nimmt an, daß das Luftvolumen um 131 C. C. für je $2\frac{1}{2}$ Centimeter Längenzunahme steigt und Simon, daß es sich um 150 C. C. in dem gleichen Falle erhöht. Die Einzelwerthe führen jedoch nicht zu einer so einfachen Progression mit arithmetischer Sicherheit. Es ergab sich: Größe der Vitalcapacität.

Körperlänge in Metern.	Durchschnittliche Vitalcapacität in C. C. nach Hutchinson		Körperlänge in Metern.	Durchschnittliche Vitalcapacität in C. C. nach Simon	
	Gefunden.	Berechnet.		Gefunden.	Berechnet.
1,52 bis 1,545	2870	2870	1,56 bis 1,585	2410	2410
1,545 » 1,570	2902	3001	1,585 » 1,610	2780	2560
1,570 » 1,595	3100	3132	1,610 » 1,635	2870	2710
1,595 » 1,620	3165	3263	1,635 » 1,660	3000	2860
1,620 » 1,645	3296	3394	1,660 » 1,685	3200	3010
1,645 » 1,670	3510	3525	1,685 » 1,710	3390	3161
1,670 » 1,695	3756	3656	1,710 » 1,735	3430	3310
1,695 » 1,720	3739	3787	1,735 » 1,760	3660	3460
1,720 » 1,745	3887	3918	1,760 » 1,785	3630	3610
1,745 » 1,770	4034	4049	1,785 » 1,810	3760	3760
1,770 » 1,795	4051	4180			
1,795 » 1,820	4248	4311			

Man sieht zugleich hieraus, daß die von Hutchinson erhaltenen Mittelwerthe durchschnittlich größer, als die von Simon ausfielen. Diese Abweichung ging wahrscheinlich daraus hervor, daß jener englische Forscher vorherrschend gesunde und gut genährte Menschen zu prüfen Gelegenheit hatte.

§. 791. Personen, die weniger, als 1,5 Meter lang sind, liefern auch durchschnittlich kleinere Werthe der Vitalcapacität. Es fehlt dagegen noch an ausgedehnten statistischen Untersuchungsreihen, die den Geschlechtseinfluß näher erläuterten.

§. 792. Die verschiedenen Lebensjahre und das Körpergewicht des Erwachsenen machen sich weniger, als die Körperlänge geltend. Der Brustumfang in der Gegend der Brustwarzen und die Beweglichkeit der Rippen scheinen nachdrücklicher zu wirken.

§. 793. Der Hauptnutzen dieser Spirometerbeobachtungen liegt in der Möglichkeit der Erkenntniß der Lungenentartungen. Ein Mensch, in dem ein Theil der Athmungswerkzeuge undurchgängig geworden, kann schon auffallend geringere Zahlen für seine Vitalcapacität liefern, wenn noch kein anderes Zeichen das annähernde Leiden verräth. Die Lähmung eines Theiles der Brustmuskeln und die Unmöglichkeit, den Brustkasten auf seine durch den gegebenen Bau bedingte Grenzwerthe der Volumina auszudehnen und zurückzuführen, werden ähnliche Unvollkommenheiten veranlassen.

Umfangsveränderung des Brustkastens.

§. 794. Man kann in dem lebenden Menschen nicht genau bestimmen, um welchen Bruchtheil ihres früheren Rauminhaltes die Brusthöhle in dem Augenblicke der tiefsten Einathmung zunimmt. Da noch andere Flüssigkeiten zu gleicher Zeit einströmen (§. 559.), so giebt die Vitalcapacität nicht den ganzen, hier zu berücksichtigenden, absoluten Vergrößerungswerth. Die Unbekanntschaft mit dem Hohlraum des Brustkastens hindert überdies die einzig fruchtbare Zurückführung auf Bruchtheile der ursprünglichen Größe. Man hat sich deshalb auf bloße Messungen des Umfangswechsels einzelner Bezirke des Thorax beschränkt. Eine Reihe von Beobachtungen der Art, die ich an jungen Männern in der Höhe der Herzgrube anstellte, lieferte das Ergebniß, daß der Unterschied der möglichst tiefen Ein- und Ausathmung $1/7$ bis $1/12$ oder im Mittel $1/8$ bis $1/9$ betrug. Die Körperlänge schwankte dabei zwischen 1,55 und 1,74 Meter. Der Umkreis des unteren Theiles meines Brustkastens in der oben bezeichneten Gegend betrug z. B. 80 Cent. bei dem tiefsten Ein- und 71 C. bei dem stärksten Ausathmen. Der Unterschied von 9 C. machte daher $1/8$ bis $1/9$ des Ganzen aus. Simon erhielt $1/8$ bis $1/19$ und im Durchschnitt $1/10$ für die Gegend über den Brustwarzen, wenn sich die Körperlängen zwischen 1,67 und 1,70 Meter hielten. Die §. 746 erwähnten Verhältnisse lassen schon von vornherein erwarten, daß dieser Wechsel in der oberen Hälfte der Brust etwas kleiner, als in der unteren ausfällt.

Volumen und Gewichtsprocente einer Gasmischung

§. 795. Die Procentwerthe einer jeden Gasmischung können dem Volumen oder dem Gewichte nach bestimmt werden. Weichen die einzelnen Bestandtheile in ihren Eigenschweren ab, so liefert jene doppelte Berechnungsweise verschiedene Endzahlen. Wechseln die Gase, welche die größeren und die kleineren specifischen Gewichte besitzen, so können sich hierdurch die scheinbar widersprechendsten Erfolge für die Gewichtsprocente geltend machen. Da dieses in den Athmungsverhältnissen des Menschen

nicht selten wiederkehrt, so wollen wir uns das Ganze in einem Einzelbeispiele versinnlichen.

Nehmen wir an, 100 C. C. vollkommen trockner atmosphärischer Luft enthalten 79,06 C. C. Stickstoff, 20,9 C. C. Sauerstoff und 0,04 C. C. Kohlensäure, so gleichen natürlich die Volumenprocente den eben erwähnten Zahlen. Ein Liter Stickstoff wiegt aber 1,2619 Grm bei 760 Mm. Barometer und 0° C., 1 Liter Sauerstoff 1,4363 Grm. und 1 Liter Kohlensäure 1,9804 Grm. Jene 100 C. C. Gas würden unter diesen Verhältnissen 76,8 Gewichtsprocente Stickstoff, 23,1 % Sauerstoff und 0,06 % Kohlensäure enthalten.

Stellen wir uns nun vor, es träten 4 C. C. Kohlensäure hinzu, während 4,7 C. C. Sauerstoff hinweggehen, so würde die Luftmischung 79,06 C. C. Stickstoff, 16,2 C. C. Sauerstoff und 4,04 C. C. Kohlensäure darbieten. Wir hätten 99,3 C. C. im Ganzen oder 0,7 C. C. Volumenabnahme. Berechnen wir die Procentwerthe, so haben wir 79,6 % Stickstoff, 16,3 % Sauerstoff und 4,06 % Kohlensäure. Suchen wir dagegen wiederum die Gewichtsbestimmungen, so finden wir 76,1 % Stickstoff, 17,8 % Sauerstoff und 6,1 % Kohlensäure. Wir sehen hieraus, daß die Volumenprocente des Stickstoffes in dem zweiten Falle steigen, während die Gewichtsprocente heruntergehen. Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich aus der gegenseitigen Beziehung der Abnahme des Luftvolumens und der größeren Eigenschwere der Kohlensäure. Die Verkleinerung des Rauminhaltes der Luftmasse erhöht die Procentmenge des Stickstoffes, dessen absolute Größe unverändert gelassen worden. Das größere specifische Gewicht der Kohlensäure, die bedeutendere Schwere der jetzt vorhandenen Quantität derselben drückt die Gewichtsprocente des Stickstoffes so sehr herab, daß eine kleinere Zahl herauskommt.

§. 796. Der Sauerstoff und die Kohlensäure können in allen eudiometrischen Analysen dem Volumen oder dem Gewichte nach bestimmt werden. Da der Rauminhalt, den eine Luftmenge einnimmt, von dem Barometerstande (§. 67.) und dem Wärmegrade (§. 195.) wesentlich abhängt, während die Gewichte von diesen beiden Bedingungsgliedern nicht berührt werden, so ergiebt sich, daß die Volumenmessungen weit größere Vorsichtsmaaßregeln, als die Gewichtsuntersuchungen fodern. Bedenkt man nun noch, daß die Athmungsgase bei der Einführung in die Maaßröhre abkühlen und der Sauerstoff einen anderen Ausdehnungscoefficienten als die Kohlensäure besitzt, so folgt, daß die Wägungen unter sonst gleichen Verhältnissen sicherer zum Ziele führen. Gang der Gasanalyse.

§. 797. Stellt man sich vor, man hätte eine Luftmischung, die eine gewisse Menge Kohlensäure enthält, in die graduirte Röhre gefüllt und das Ganze mit einer Auflösung von kaustischen Kali, Kalk oder Baryt, oder mit festem Kali in Berührung gebracht, so wird hierdurch die Kohlensäure verschluckt werden. Die Abnahme des Luftvolumens kann daher als Grundlage dienen, um die Menge jenes Gases zu berechnen.

§. 798. Wir wollen annehmen, die Fig. 153 gezeichnete Röhre enthielte atmosphärische Luft, deren Volumen an der Gradeintheilung abgelesen werden kann. Füllt man eine gewisse Menge von Wasserstoff hinzu, so wird er mit dem Sauerstoff der Atmosphäre Knallgas bilden. Läßt man nun den electrischen Funken durchschlagen, indem man eine Leydener Flasche mit Hilfe der beiden oben eingeschmolzenen Platindräthe entladet, so verwandelt sich das Knallgas in Wasserdampf, der sich zum Theil zu Tropfen zu verdichten pflegt. Die Abnahme des Luftvolumens giebt über die Menge des verschwundenen Knallgases und die bekannte Zusammensetzung des Wassers über die des vorhandenen Sauerstoffes Aufschluß. Das Volta'sche Eudiometer bildete schon eine ältere für diese Art von Sauerstoffanalysen bestimmte Vorrichtung. Man hatte dieses Verfahren in der Folge vorzugsweise deswegen verlassen, weil man bemerkte, daß sich etwas salpetrige Säure aus dem Stickstoff und dem Sauerstoff erzeugen kann. Wurde diese von den gebildeten Wassertropfen oder dem absperrenden Quecksilber aufgenommen, so mußte man eine etwas zu große Sauerstoffmenge erhalten. Bunsen und Regnault haben dieses Verfahren ihren neueren eudiometrischen Prüfungen zum Grunde gelegt.

Fig. 153.



§. 799. Man hat häufig ein Phosphorstück in die Fig. 153 abgebildete Röhre eingeführt, um den Sauerstoff dem Volumen nach zu bestimmen. Man begegnet aber hierbei bedeutenden Fehlerquellen, daß von keiner genügenden Genauigkeit die Rede sein kann. Der Phosphor eignet sich dagegen für die Gewichtsbestimmungen des Sauerstoffes.

Gesetzt, *a*, Fig. 154, sei mit einer Luftmischung, die Sauerstoff und Kohlensäure enthält, angefüllt, so kann uns der übrige Apparat die Gewichtsanalyse des Gases näher versinnlichen. Wir haben zuerst ein Wassereudiometer *b*, d. h. eine mit Asbest und Schwefelsäure gefüllte Röhre, welche die in der Luft enthaltenen Wasserdämpfe aufnimmt. *c* ist das Brunner'sche Phosphoreudiometer. Der warm gemachte Phosphor bemächtigt sich hier alles Sauerstoffes. *d* stellt ein Kohlensäureeudiometer dar. Der in ihm enthaltene, mit Kalilösung getränkte Kalk nimmt alle Kohlensäure auf. Es werden daher nur die Gase und Dämpfe, welche zu den eben erwähnten Kategorien nicht gehören, in den Aspirator *f* übertreten. Läßt man alle fremdartigen Minimalbeimischungen unberücksichtigt, so empfängt *f* nur Stickstoff, wenn atmosphärische Luft oder Ausathmungsgas in *a* enthalten war.

Ist das ganze Röhrensystem luftdicht geschlossen, so beginnt ein Aspirationszug, so wie man den Hahn *hi* des Aspirators geöffnet hat und das in ihm enthaltene Oel nach *k* ablaufen läßt. Der Heber *l* saugt so viel Flüssigkeit aus *n* nach, als die Aspiration Gasmassen aus *a* in der Richtung



von *a* nach *f* entfernt. Man füllt *n* mit einer gesättigten Kochsalzlösung, damit so wenig Kohlensäure, als möglich verschluckt werde (§. 150.). Das in *f* befindliche Oel verhütet aber, daß der getrocknet herübergekommene Stickstoff Wasserdämpfe von Neuem aufnimmt.

Die Gewichtszunahme von *b* giebt von der Menge der Wasserdünste, die das in *a* befindliche Gas enthielt, Rechenschaft. Hat sich aber etwas Kochsalzlösung auf dem Boden von *a* im Anfange der Analyse befunden, so war die Luft mit Wasserdämpfen für ihren Wärmegrad gesättigt. Die Gewichtsvergrößerung von *b* kann daher die Temperatur, die das Gas während der Dauer der Analyse darbot, controlliren helfen.

Die Gewichtszunahme von *c* belehrt über die Menge des Sauerstoffes und die von *d* über die Masse der Kohlensäure. Man erhält daher das gegenseitige Gewichtsverhältniß beider Gase auf einem von dem Barometerstande und der Temperatur unabhängigen Wege. Der Stickstoff dagegen ist nur dem Volumen nach gegeben. Es beträgt eben so viel, als Oel von *f* nach *k* abgelaufen ist. Man muß sein Volumen auf Gewichte zurückführen, wenn man Alles in Gewichtsprocenten berechnen will. Sucht man dagegen die Volumenprocente, so bestimmt man den Rauminhalt, den die gefundenen Gewichte des Sauerstoffes und der Kohlensäure für den gegebenen Barometerstand und die entsprechende Temperatur eingenommen haben.

§. 800. Die früheren unvollkommenen eudiometrischen Untersuchungen ließen annehmen, daß die atmosphärische Luft 21 Volumenpro- Zusammensetzung der Atmosphäre.

cente Stickstoff auf 79 Sauerstoff enthält. Dumas und Boussingault, welche glühende Kupferspähne statt des Phosphors gebrauchten, glaubten gefunden zu haben, daß der Sauerstoff gerade 23 Gewichtsprocente betrage. Die neueren Forschungen deuten aber darauf hin, daß solche einfache, runde Procentgrößen nicht vorhanden sind.

§. 801. Läßt man die geringen Kohlensäuremengen, welche die gesunde Luft enthält, unberücksichtigt oder hat man sie vorher mittelst eines Kalkeudiometers (§. 799.) entfernt, so geben die neueren Gewichtsbestimmungen 20,8 bis 20,9 Volumen- und 23,0 bis 23,1 Gewichtsprocente Sauerstoff. Die elektrische Entzündung führte zu etwas höheren Werthen (§. 798.) in den von Bunsen und Regnault angestellten Beobachtungen. Die Volumenprocente pflegten hier zwischen 20,9 und 21 zu liegen, ohne jedoch die letztere Größe völlig zu erreichen. Die Abweichungen der einzelnen Analysen fielen auch kleiner als in den Gewichtsbestimmungen aus.

§. 802. Dieses Beispiel kann den schon §. 278 aufgestellten Satz, daß die eudiometrischen Untersuchungen die elementaranalytischen an Vollkommenheit übertreffen, deutlich bestättigen. Die Unterschiede der Sauerstoffwerthe gehen hier bis $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{5}$ % hinab. Diese geringen Schwankungen bilden nichts desto weniger einen wesentlichen Uebelstand. Frägt man sich nämlich, ob die Atmosphäre merkliche Verschiedenheiten in den höheren oder den tieferen, den nördlicheren oder den südlicheren Luftkreisen darbietet, so wird zwar eine Abweichung von $\frac{1}{20}$ % eine nur unbedeutende relative Differenz liefern. Bedenkt man aber, daß die analysirte Luftprobe gegen die gesammten vorhandenen Massen verschwindend klein ausfällt, so macht $\frac{1}{20}$ % für die absoluten Werthe viel aus. Berechnet man die Athmungserscheinungen für größere Zeiträume, z. B. für 24 Stunden, so kehrt derselbe Uebelstand ebenfalls wieder.

Vergrößerung des Kohlensäuregehaltes der Luft.

§. 803. Die Kohlensäure der regelrechten Atmosphäre beträgt nur 0,03 bis 0,06 und im Durchschnitt 0,04 Volumenprocente. Hält sich dagegen eine größere Menge von Menschen oder Thieren in einem verschlossenen Raume auf, so steigt der Kohlensäuregehalt, weil die Athmungsluft beträchtliche Quantitäten jenes Gases beimengt. Eine Primarschule lieferte z. B. noch Leblanc 0,87 und ein Pferdestall 0,22 %. Die Zimmerheizung, die Anwesenheit gährender oder faulender Stoffe kann den Gehalt an Kohlensäure erhöhen und fremde Gase, wie Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak beimischen. Ein geheizter Saal, in dem mehrere Menschen rauchten und Leichen zergliederten, lieferte mir 0,11 % und eine mit zahlreichen Cadaverstücken angefüllte Küche 0,18 bis 0,19 %. Jene Gemengtheile bedingen es auch, weshalb nicht selten Menschen, die in einen mit gährenden Weinen, mit Kothresten oder faulenden Leichnamen angefüllten Raum hinabsteigen, von Erstickungsgefahr heimgesucht werden.

Fremde Beimischungen d. Atmosphäre.

§. 804. Es versteht sich von selbst, daß sich Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak und flüchtige organische Stoffe der Atmosphäre beimengen, wenn faulende Körper zugleich vorhanden sind. Das ge-

wöhnliche Brunnenwasser und das Eis pflegen immer Ammoniak zu enthalten. Ob dieses für die reine Luft von Gegenden, die reichliche Wassermassen besitzen, der Fall ist, steht noch sehr dahin.

Chemische Veränderung der Athmungsluft.

§. 805. Es ergiebt sich aus dem Früheren, daß eine Reihe verwickelter Verhältnisse die Veränderungen, welche die Luft in den Lungen erleidet, bestimmen wird. Rechnet man nun noch hinzu, daß die eudiometrischen Analysen verschiedenartige Fehlerquellen darbieten und daß die Art des Athmens einen merklichen Einfluß auf den Gaswechsel ausüben kann, so werden die zahlreichen, auf diesem Gebiete auftretenden Widersprüche wenig befremden.

§. 806. Betrachten wir zuerst die allgemeinsten Beziehungen, so ergiebt sich, daß die Luft, wenn sie in den Lungen erwärmt und mit Wasserdünsten geschwängert wird, an Umfang gewinnt. Hält sich das Athmen innerhalb der gewöhnlichen Schranken, so geht mehr Sauerstoff in das Blut über, als Kohlensäure ausgeschieden wird. Regnault giebt ferner für die Thiere an, daß meist etwas Stickstoff durch die Lungen- und die Hautausdünstung ausgeschieden zu werden pflegt. Es beträgt aber einen nur sehr kleinen Bruchtheil der Menge des verschluckten Sauerstoffes.

Volumenprocente der Kohlensäure des Athems.

§. 807. Die Volumenprocente der in der Ausathmungsluft enthaltenen Kohlensäure liegen zwischen 4 und 4,5 % für das gewöhnliche Athmen. Das Mittel, das Vierordt erhielt, betrug 4,3 % und das, welches Brunner und ich fanden, 4,2 %.

§. 808. Die Schnelligkeit und die Art des Athmens, die Zeit, während der die Luft in den Lungen verweilt, der Druck, mit dem sie eingesogen oder hervorgestoßen worden, und die fremden Beimischungen, die sich hinzugesellen, können die Kohlensäurewerthe sichtlich ändern. Es ist noch nicht gelungen, den Einfluß aller dieser Bedingungsglieder im Einzelnen genauer zu verfolgen.

§. 809. Nimmt die Zahl der auf eine Zeiteinheit, z. B. eine Minute kommenden Athemzüge zu, so sinken die Kohlensäureprocente. Sie können dann nach und nach bis auf 2,9 % und selbst 2,4 % herabgehen. Hat man umgekehrt sehr tief und langsam ein- und ausgeathmet, so vermag sich die Zahl auf 6 % zu erhöhen. Füllt man seine Lungen möglichst stark an, hemmt das Athmen bis zu dem Eintritt der Beklemmung und stößt dann die Luft unter kräftigem Drucke hervor, so findet man nicht selten zwischen 7 und 8 % Kohlensäure.

§. 810. Vierordt schließt aus seinen in dieser Beziehung angestellten Beobachtungen, daß die Kohlensäureprocente, die man für jede beliebige Schnelligkeit der Athemzüge erhält, auf einen mathematischen, aus zwei summatorischen Gliedern bestehenden Ausdruck unter sonst gleichen Verhältnissen zurückgeführt werden können. Das eine bildet eine für jede Athemgeschwindigkeit beständige Größe, das zweite dagegen eine Function der möglichst kleinen und der in jenem Falle gegebenen Durchschnittsdauer je eines Athemzuges [28].

§. 811. Sammelt man die Luftmasse, die ein tiefer Athemzug zuerst, und die, welche er zuletzt unter starkem Drucke hervortreibt, in besonderen Aufnahmsbehältern, so findet man, daß die zweite Gasmischung mehr Kohlensäure, als die erste führt. Zwei Umstände können diese Erscheinung erklärlich machen. Die Luft kommt mit um so ausgedehnteren Oberflächen, je tiefer sie in die Bronchialverzweigungen eindringt, in Berührung. Da der größere Theil der Gasmasse, welche die Lungenbläschen ausfüllt, länger, als ein Athemzug dauert, in den Athemorganen verweilt (§. 766.), so preßt die tiefe Ausathmung Luft, die vollständiger verändert worden, zuletzt hervor.

§. 812. Die Kohlensäureprocente erhöhen sich zur Verdauungszeit und unter heftigeren Körperanstrengungen. Der Genuß von Thee oder geistigen Getränken setzt sie hingegen herunter. Wir haben schon §. 341 gesehen, daß ein Theil des Weingeistes mit der Ausathmungsluft in Dampfform davongehen kann.

Gegenseitige Verhältnisse der ausgeschiedenen Kohlensäure und des verschluckten Sauerstoffes.

§. 813. Betrachten wir die gegenseitigen Verhältnisse der ausgeschiedenen Kohlensäure und des verschluckten Sauerstoffes, so kann sich hier die Art der Athembewegung unter sonst gleichen Nebenbedingungen geltend machen. Die Dauer, während der die Luft in den Lungen verweilt, die Mischung von vollkommen und unvollkommen durchgeathmeten Gasen, die jede Ausathmung hervorstößt, der Druck, der auf die Brust wirkt, werden die Ergebnisse bestimmen helfen.

§. 814. Athmete ich keuchend, in kurzen, schnell wechselnden Athemzügen, so herrschte die ausgeschiedene Kohlensäure über den verschluckten Sauerstoff verhältnißmäßig vor. Die Volumina von jener verhielten sich zu denen von diesem, wie 1:1,15 bis 1:0,94 und die Gewichte, wie 1:0,83 bis 1:0,68. Man sieht hieraus, daß es die Vermehrung der Schnelligkeit der Athembewegungen am Ende so weit bringen kann, daß weniger Cubikcentimeter von Sauerstoff verschwinden, als Kohlensäure hinzukommen. Es wird daher ein neuer Grund der Umfangszunahme der Ausathmungsluft in diesem Falle eingreifen (§. 785.), wenn die Stickstoffverhältnisse dieselben bleiben oder sich nur um sehr kleine Größen ändern.

Hatte ich umgekehrt tief eingeathmet und die Luft unter starkem Drucke entleert, so verhielten sich die vorhandene Kohlensäure und der fehlende Sauerstoff, dem Volumen nach, wie 1:1,21 bis 1:1,31 und dem Gewichte nach, wie 1:0,87 bis 1:0,95.

Füllte ich die Lungen mittelst einer möglichst starken Einathmung, wartete, bis Athembeschwerden entstanden und trieb dann die Luft unter wenig verstärktem Drucke hervor, so erhielt sich 1:1,18 bis 1:1,22 dem Volumen und 1:0,85 bis 1:0,88 dem Gewichte nach.

§. 815. Brunner und ich hatten in unseren früheren Athemuntersuchungen bemerkt, daß sich die gegenseitigen Mengen der Kohlensäure und des Sauerstoffes, die das gewöhnliche Athmen liefert, dem, welches das Diffusionsgesetz fordern würde (§. 149.), innerhalb der dem

Verfahren zuzuschreibenden Fehlergrenzen annähern, obgleich zum Theil andere Grundbedingungen, z. B. die Auflösung der Gase im Blute und die Ungleichheit des Druckes in den Athemwerkzeugen auftreten. Jene Diffusionsnorm, d. h. der Austausch in dem umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln der Dichtigkeiten fordert 1:1,176 dem Volumen und 1:0,85 dem Gewicht nach. Fünf spätere Analysen meines Athems, in denen aller ungewöhnliche Druck und alle Unregelmäßigkeiten der Athembewegungen möglichst vermieden wurden, lieferten z. B. 1:1,112 bis 1,190 und im Mittel 1:1,153. Dreizehn Analysen des Athems von 8 anderen und von mir ergaben 1:1,141 bis 1:1,240 und im Durchschnitt 1:1,187. Eine Wasserflasche war in diesen Versuchen ausgeblasen worden.

Die Uebereinstimmung mit dem Diffusionswerthe beruht auf dem bloßen Vergleiche gefundener Zahlen und auf keiner Theorie, wie häufig angegeben worden. Die oben erwähnten Verhältnisse berechtigen eben so wenig zu dem Schlusse, daß meine Erfahrungen eine Beständigkeit der gegenseitigen Verhältnisse von Kohlensäure und Sauerstoff annehmen ließen. Sie deuten vielmehr darauf hin, daß der zu kurze Aufenthalt der Luft in den Lungen und stärkere Druckwirkungen merkliche Unterschiede bedingen können.

§. 816. Hält sich die Luft in den Athmungswerkzeugen auf, so steigen zwar die Procente der ausgeschiedenen Kohlensäure und des verschluckten Sauerstoffes. Berücksichtigt man aber auch die hierfür in Anspruch genommenen Zeiten, so findet man, daß die in einer Zeiteinheit Statt findende Veränderung geringer, als wenn regelmäßige kürzere Athemzüge eingreifen, auszufallen pflegt. Wird die in den Lungen enthaltene Luft nicht gewechselt, so sinkt die Größe des Austausches von einem Zeittheilchen zum anderen. Er nimmt um so mehr ab, je mehr die früheren Zeiten schon in seinem Sinne verändert haben. Vierordt, der diese Norm für die Kohlensäure gefunden hatte, drückte sich daher dahin aus, daß die Kohlensäureausscheidung aus dem Blute und der Kohlensäuregehalt der Lungenluft in umgekehrtem Verhältnisse stehen.

Stickstoffgehalt der Athemluft.

§. 817. Die älteren Beobachter glaubten häufig gefunden zu haben, daß bedeutende Mengen von Stickstoff ausgeschieden oder aufgenommen würden. Die neueren an dem Athem des Menschen angestellten Untersuchungen deuteten schon darauf hin, daß er keine Veränderungen, welche die Grenzen der Beobachtungsfehler überschreiten, erleidet, daß seine Schwankungen, wenn sie vorhanden sind, 0,3 % oder $1/_{30}$ des verschluckten Sauerstoffes nicht erreichen können. Regnault und Reiset geben nach ihren an Thieren angestellten Forschungen an, daß Stickstoff bei der gewöhnlichen Nahrungsweise der Geschöpfe austritt. Er beträgt aber nie $1/_{50}$ und meist sogar weniger, als $1/_{100}$ des verzehrten Sauerstoffes. Hungernde Vögel können eben so kleine Stickstoffmengen nach jenen Beobachtern aufnehmen. Diese Erscheinung wiederholt sich aber nur in sehr seltenen Fällen in Säugethieren. Barral schließt ebenfalls

daß geringe Stickstoffmengen in der Athemluft des Menschen ausgestoßen werden.

Organische Stoffe und andere Gemengtheile der Athemluft. §. 818. Der Athem enthält bisweilen flüchtige organische Stoffe. Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoff kommen in ihm nicht vor. Man kann bezweifeln, daß Spuren von Ammoniak unter regelrechten Verhältnissen vorhanden sind.

Theorie des Gaswechsels. §. 819. Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, eine genügende Theorie des in den Athmungswerkzeugen Statt findenden Gaswechsels aufzustellen. Vierordt ging vorzüglich von dem Dalton'schen Gesetze (§. 153.) aus. Die Kohlensäure tritt so lange aus dem Blute hervor, bis der Druck der Kohlensäure der Athmungsluft mit dem, unter welchem die Kohlensäure des Blutes steht, im Gleichgewichte ist. Etwas Aehnliches kehrt für den Stickstoff wieder. Der Sauerstoff, der dem gleichen Gesetze unterworfen bleibt, hat überdies noch eine große Verwandtschaft zu gewissen Blutbestandtheilen. Er muß daher in bedeutenderer Menge aufgenommen werden.

Wir haben §. 153 gesehen, daß der Druck eines Gases von der Gasmischung nach dem Dalton'schen Gesetze wesentlich abhängt. Läßt man ein Thier eine andere Luft, als die atmosphärische einathmen, so müßte sich hiernach der Gasaustausch wesentlich ändern. Regnault und Reiset fanden dagegen, daß die Stickstoffausscheidung die gleiche bleibt, wenn sich auch das Geschöpf in einem Raume befindet, der zwei oder drei Mal so viel Sauerstoff, als die Atmosphäre enthält. Hatten sie den Stickstoff der Atmosphäre durch Wasserstoff ersetzt, so verrieth sich höchstens eine etwas größere Aufnahme von Sauerstoff, sonst aber keine wesentliche Veränderung des Gaswechsels.

§. 820. Man hat häufig versucht, von einem rein chemischen Gesichtspunkte auszugehen. Die Blutmasse, deren Bestandtheile mit der Verschiedenheit der Ernährungsverhältnisse wechseln, würde hiernach so viel Sauerstoff, als ihre Beschaffenheit erlaubt, aufnehmen. Die Erhöhung oder die Erniedrigung der Verbrennungsproducte würde die Menge der hervortretenden Kohlensäure bestimmen helfen. Der Stickstoff könnte am Ehesten zwischen Aufnahme und Ausscheidung schwanken, je nachdem das Geschöpf hungerte, stickstoffarme oder stickstoffreiche Nahrung zu sich nähme.

Es ist keine Frage, daß diese chemischen Bedingungsglieder einen wesentlichen Einfluß auf die absoluten Mengen der ausgeschiedenen Kohlensäure ausüben. Es fehlt aber noch an allen irgend sicheren Anhaltpunkten, um jene Gedanken ins Einzelne weiter zu führen und so wahrhaft zu befruchten. Man hat sich meistentheils auf die Producte, die man an Pflanzen- oder Fleischfressern nach dem Hungern oder dem Gebrauche bestimmter Nahrungsmittel erhalten hatte, berufen. Allein abgesehen davon, daß ältere und neuere Angaben die mannigfachsten Widersprüche in dieser Beziehung darbieten, werden wir in der Lehre von der Hautausdünstung sehen, daß die Gasmischung, die ein im Gan-

zen geprüftes Thier liefert, von noch anderen Ursachen, als der bloßen Athmungsthätigkeit der Lungen und der Haut bestimmt werden kann. Nur Versuche, die ein geübter Forscher an sich selbst anstellen und in denen er die so einflußreichen Verhältnisse der Athembewegungen oder der physikalischen Nebenbedingungen auf das Pünktlichste vergleichen würde, könnten hier eine dauernde Grundlage theoretischer Anschauungen vorbereiten.

§. 821. Wir haben §. 780 gesehen, daß jeder Mensch, der in einen Apparat mit einer gewissen nöthigen Aufmerksamkeit einathmet, die ganz ruhige, gewöhnliche Athmungsweise unwillkührlich überschreitet. Fast alle Zahlen, die man für die absoluten Mengen der Kohlensäure und des Sauerstoffes erhalten hat, fallen daher etwas größer, als für das vollkommen ungezwungene und unbelauschte Athmen aus. Absolute Mengen der Kohlensäure und des Sauerstoffs.

§. 822. Die ausführlichste, die ausgeschiedenen Kohlensäuremengen betreffende Untersuchungsreihe rührt von Andral und Gavarret her. Es fand sich hierbei, daß die absoluten Werthe von 8 bis 40 Jahren steigen, im Greisenalter dagegen und bisweilen schon früher merklich sinken. Ein kräftigerer Körperbau, die Verdauungszeit und die Muskelbewegung können die Massen der Kohlensäure sichtlich erhöhen.

Hält man sich an die für die Stunde gültigen Durchschnittswerthe, so lieferte ein achtjähriger Knabe 18,3 Grm. und ein zehnjähriger 24,9 Grm. Männer zwischen 16 und 60 Jahren ergaben 31,2 bis 49,9 Grm. und Greise von 76 bis 102 Jahren 21,6 und 32,3 Grm. Brunner erhielt 31,9 Grm. zu 47 und ich 39,1 Grm. zu 33 Jahren.

§. 823. Die Frau scheidet im Allgemeinen weniger Kohlensäure, als der Mann aus. Andral und Gavarret bemerkten überdies, daß die Kohlensäuremengen auf einer mehr kindlichen Stufe bleiben, so lange die Lebenszeit, in der die Frau ihre monatliche Reinigung bekommt, anhält. Sie hebt sich dann wieder, wenn die Menstruation ausbleibt oder einer Schwangerschaft wegen unterbrochen wird. Hannover fand ebenfalls, daß bleichsüchtige Personen mehr Kohlensäure als gesunde aushauchen.

Gesunde Mädchen von 10 bis 15½ Jahren hatten 22 bis 26 Grm. Kohlensäure als stündliche Mengen. Menstruirte Frauenzimmer, deren Lebensalter zwischen 15 und 45 Jahren lag, ergaben 22,0 bis 25,7 Grm., solche von 38 bis 66 Jahren dagegen, deren Regeln schon wieder aufgehört hatten, 24,9 bis 36,3 Grm.

§. 824. Während der durchschnittliche, für die Stunde berechnete Kohlensäurewerth 39,1 Grm. für meine 54 Kilogr. wiegende Körpermasse betrug, ergaben sich 33,7 Grm. für den aufgenommenen Sauerstoff. 1 Kilogr. Körpergewicht entsprach mithin 0,724 Grm. Kohlensäure und 0,624 Grm. verzehrten Sauerstoffes.

§. 825. Die Ursache, weshalb sich das dunkelrothe Venenblut in den Haargefäßen der Lungen hellroth färbt, liegt in der Einwirkung des Sauerstoffes der Athemluft. Künftige Forschungen werden aber die hierbei Statt findenden Einzelvorgänge sicherer feststellen müssen. Das Einfluß des Gaswechsels auf das Blut.

Blutroth ist größtentheils, wo nicht ausschließlich an die Blutkörperchen gebunden. Man darf hieraus schließen, daß die dem freien Auge sichtlichsten Athmungsveränderungen der Blutmasse in den Blutkörperchen begründet sind. Die Thatsachen deuten aber darauf hin, daß die bei dem Athmen in Betracht kommenden Gase die Blutflüssigkeit als nächste Ein- oder Austrittswege benutzen. Es ist wahrscheinlich ein Theil der Kohlensäure, des Stickstoffes und des Sauerstoffes in dem Blutplasma aufgelöst. Man hätte von hier aus eine doppelte Art von Wechselwirkung, eine nach außen mit der Athmungsluft und eine gleichsam nach innen mit der großen Gesammtoberfläche der Blutkörperchen (§. 31.).

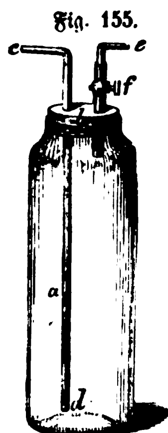
Erstickung §. 826. Lassen wir diejenige Art von Erstickung, die aus einer plötzlichen Hemmung aller Athembewegungen hervorgeht und auf die wir in der Nervenlehre zurückkommen werden, unbeachtet, so fußen die übrigen Fälle des Erstickungstodes darauf, daß die in den Lungen enthaltene Luft den regelrechten Gaswechsel unmöglich macht. Dieser fodert die nöthige Menge freien Sauerstoffes als Grundbedingung. Eine Atmosphäre, die nur aus Stickstoff oder einer keinen Sauerstoff enthaltenden Gasmischung besteht, kann schon deshalb das Leben nicht unterhalten. Manche Gase oder Dünste, wie Wasserstoff, Chlor, Jod- oder Bromdämpfe, Schwefelwasserstoff, schaden rascher, als reiner Stickstoff. Der lebhaftere Uebergang in das Blut und die chemischen Einflüsse, die sie wahrscheinlich auf die Blutkörperchen ausüben, bedingen vermuthlich diese nachtheiligeren Folgeerscheinungen.

Größere Mengen von Kohlensäure und gewisse, verhältnißmäßig kleinere von Kohlenwasserstoff führen nicht selten den Erstickungstod herbei. Ein Mensch oder ein Thier, das in einem geschlossenen Luftraume athmet, bereitet sich deshalb das Gift, das seinem Leben Gefahr bringt. Ist der Ausgang der Athmungswerkzeuge, wie bei dem Erhenken oder in Folge eines mechanischen Verschlusses der Stimmritze versperrt worden, so schwängert sich die in den Lungen enthaltene Luft mit immer größeren Mengen von Kohlensäure. Athembeschwerden, stets tiefere, vergebliche Athembewegungen, eine dunklere Färbung der gesammten Blutmasse, Blauwerden aller irgend durchsichtigen Hautgefäße, Ueberfüllung der Weichgebilde des Kopfes mit dunklem Blute, der Austritt von Schaum aus dem Munde, Funkensehen, Schwarzwerden vor den Augen, Eingenommenheit des Kopfes, Bewußtlosigkeit, Verzerrung der Gesichts- und der Zungenmuskeln, allgemeine Körperkrämpfe und bisweilen auch Steifung des männlichen Gliedes, Samenerguß oder Ueberfüllung des Kitzlers und der inneren Schaamlefzen mit Blut gehen dem Tode voran. Die Gefahr, die das Glimmen von Kohlen herbeiführt, rührt nicht blos von der Kohlensäure, sondern auch von dem Kohlenoxyd und dem Kohlenwasserstoff der Einathmungsluft her.

§. 827. Die Beseitigung der etwa vorhandenen mechanischen Athmungshindernisse und die Zufuhr frischer guter Atmosphäre kann oft die drohendsten Zeichen in ziemlich kurzer Zeit beseitigen. Hat man ein

kleineres Säugethier, z. B. ein junges Meerschweinchen in das Fig. 155

Fig. 155.



abgebildete Gefäß *a* gebracht, den Deckel *b* luftdicht angefügt, die Röhre *cd* mit einem ruhenden Aspirator verbunden und den Hahn *f* geschlossen, so bekommt das Thier bald darauf Bauchathmung und endlich Muskelzuckungen. Liegt es auch scheintodt da, so kann es sich doch in verhältnißmäßig kurzer Zeit erholen, wenn man *f* öffnet, den Aspirator in Gang setzt und einen Luftstrom von *cd* nach *ef* durchleitet.

§. 828. Manche elastisch flüssige Körper, wie das Ammoniak, wirken zwar an und für sich giftig. Die Einathmung desselben kann aber die durch den Eintritt anderer Gifte, z. B. des Cyan, hervorgerufenen Gefahren beseitigen helfen. Einzelne Gase, wie das Stickstoffoxydul, machen die Athmung lebhafter, sobald sie nicht in zu großen Mengen der gewöhnlichen Atmosphäre beigemengt sind. Thiere, die sich in einer solchen Luftmischung befinden, geben nach Zimmermann mehr Kohlensäure ab und nehmen größere Sauerstoffmengen in sich auf. Die Folgen der Einathmung der Aether- und der Chloroformdämpfe werden uns in der Nervenlehre ausführlicher beschäftigen.

Ausdünstung.

---

§. 829. Die Ausgleichung der Wärmeunterschiede, die Bildung von Wasserdämpfen und der wechselseitige Gasaustausch kehren an allen inneren und äußeren Oberflächen, die von luftförmigen Massen umspült werden, wieder. Sie bilden daher kein ausschließliches Merkma[illegible]r Athmungswerkzeuge. Sie wiederholen sich in der Haut und wahrscheinlich auch in der Bindehaut des Auges, dem äußeren Gehörgange, der Trommelhöhle, der Eustachi'schen Trompete, der Mundhöhle, den übrigen Hohlräumen des Nahrungscanales, (der Harnröhre?) und der Scheide mit gewissen durch die Nebenverhältnisse gebotenen Veränderungen. Die Beschaffenheit der Darmgase (§. 492.) hängt von den gemeinschaftlichen Wirkungen dieser Vorgänge und der Selbstzersetzung der Speisereste ab.

Thätigkeiten der freien Oberflächen des Körpers.

Perspiration. §. 830. Die äußere Haut genießt einen doppelten Vortheil. Ihre verhältnißmäßig ausgedehnte Oberfläche bietet zahlreiche Berührungspunkte dar. Sie stößt überdies an Luftmassen, die mit Leichtigkeit gewechselt und von anderen, die sich noch nicht verändert haben, ersetzt

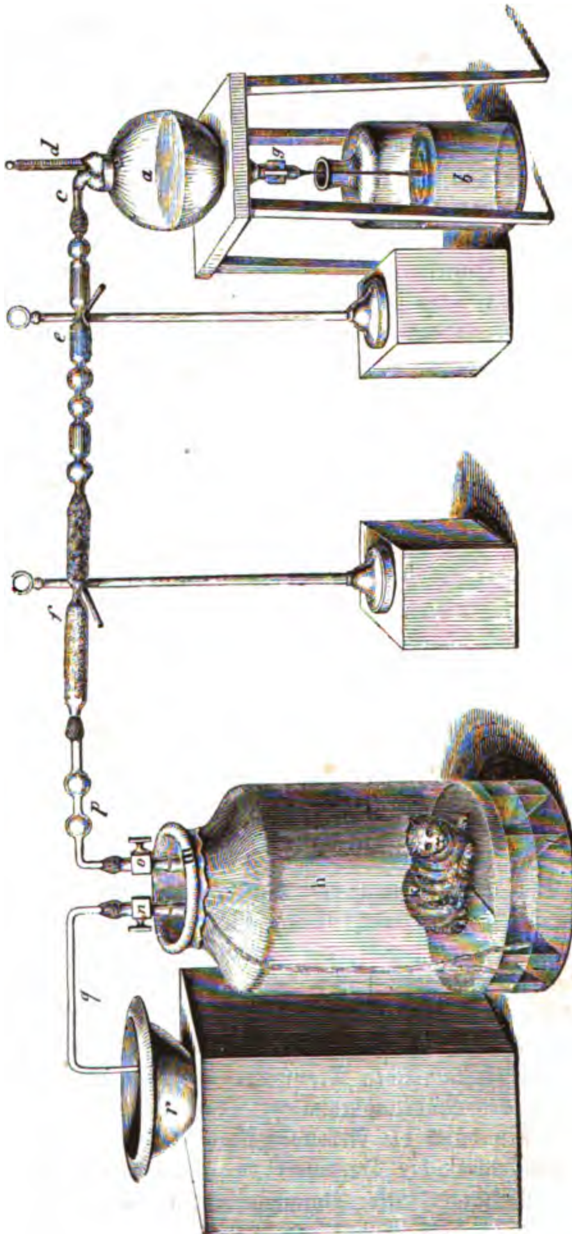


Fig. 156.

werden können. Man spricht daher vor Allem von der Hautausdünstung und der in den Athmungswerkzeugen vermittelten Lungenausdünstung. Beide zusammen geben die Gesammtausdünstung, die Perspiration, die Transpiration.

Untersuchung der Ausdünstung bei beständiger Luft.

§. 831. Man hat diese in Thieren dadurch bestimmt, daß man die Luftmischung, in der das Geschöpf eine Zeit lang geathmet, auf dem Wege der eudiometrischen Analyse untersuchte. Fig. 156 kann uns eine der hierzu gebrauchten Verfahrungsweisen näher erläutern. Man sperrt z. B. die Katze *k* in einen luftdicht verschlossenen Behälter *h*. Der eine Abzugshahn *o* führt zu der Wasserröhre *p*, dem Kohlensäureapparat *f*, dem Sauerstoffeudiometer *e* und dem Aspirator *a*, der zweite dagegen *n* zu dem Heber *q*, der die ergänzende Salzlösung aus der Schüssel *r* nachsaugen soll. (§. 799.). Man erhält auf diese Weise die procentige Zusammensetzung der durch die Ausdünstung veränderten, in *h* befindlichen Luft dem Volumen oder dem Gewichte nach (§. 795.). Kennt man den freien Rauminhalt von *h* und die Zeit, die das Thier in dem Behälter verweilt hat, so lassen sich die entsprechenden absoluten Werthe (§. 822.) leicht berechnen.

§. 832. Dieses Versuchsverfahren führt zu einem wesentlichen Uebelstande. Das Geschöpf muß die gleiche Luft zu wiederholten Malen ein- und ausathmen. Sie schwängert sich daher allmählig mit Kohlensäure. Unregelmäßige Athembewegungen, Erstickungsgefahr und selbst der Tod müssen, so wie man die Beobachtung zu lange fortsetzt, nachfolgen. Man arbeitet oft unter regelwidrigen Bedingungen, deren Eintritt sich nie mit Sicherheit erkennen läßt.

Untersuchung der Ausdünstung bei wechselnder Luft.

§. 833. Regnault und Reiset bemühten sich, dieses Hinderniß dadurch zu vermeiden, daß sie die Kohlensäure sogleich fortzuschaffen und neuen Sauerstoff zuzuführen suchten. Fig. 157 (s. folg. Seite) zeigt uns den Apparat, dessen sie sich zu diesem Zwecke für größere Thiere bedienten. Der Hund wird in dem hermetisch verschließbaren Behälter *A* von unten her eingebracht. Man umgiebt diesen mit einem zweiten größeren Glasbehälter $BB'D'D$, der mit Wasser, dessen Temperatur wo möglichst beständig erhalten wird, gefüllt ist. Die Wärme des Behälters *A* kann dann während der Versuchsdauer in keinem bedeutenden Grade wechseln. Das eine Abzugsrohr fed vereinigt sich mit dem Manometer abc, welches die innere Luftspannung (§. 83 fgg.) anzeigt. ghr' kann mit dem Manometerapparate $r''a'b'c'd'$ verbunden werden, damit ein Theil des Gases, wenn es sich eines größeren Druckes erfreut, behufs der ferneren eudiometrischen Analyse übergeführt werde.

$i'''i'k'l'$ und $j''g'ikl$ hängen mit zwei Pipetten CC' zusammen. Diese enthalten gewogene Mengen von Kalilösung, deren Kohlensäuregehalt vorher bestimmt worden. Sie vereinigen sich durch ein elastisches Rohr $qq''q'$ und werden mittelst eines Uhrwerkes auf und nieder bewegt. Ist C' unten und C oben, so enthält jene die Kalilösung und diese Luft. Befindet sich umgekehrt C an dem tiefsten Punkte, so nimmt

sie die Kalilösung auf und treibt indeß die ihrer Kohlensäure beraubte Luft in den Behälter *A*, Fig. 157, zurück. Da nun die Verbindungsröhre

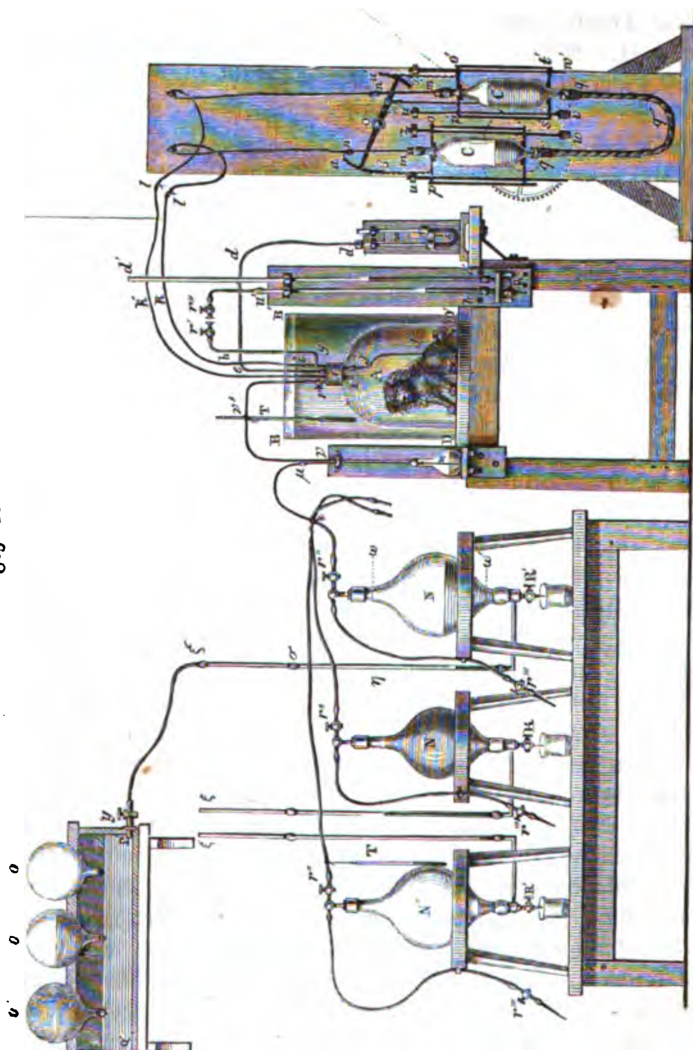


Fig. 157.

C hoch oben und die von *C'* tief unten einmündet, so entzieht jenes Wechselspiel den größten Theil der ausgeathmeten Kohlensäure verschiedenen Hauptbezirken des Aufenthaltsraumes des Thieres.

Die hierdurch erzeugte Abnahme des Luftvolumens bedingt es, daß neuer Sauerstoff von *N* aus einströmt. Er kommt durch $r'' \mu$ herbei, streicht in *M* durch eine Kalilösung und fließt dann durch $\nu \nu' r$

weiter. Eine gesättigte Chlorcalciumlösung, die sich in o, o', o'' und $xx'Q'P'$ befindet, ersetzt den übergeführten Sauerstoff durch $\dot{y}\xi\sigma\eta$.

§. 834. Die Thiere können Tage lang in dem Apparate verweilen. Man vermag daher große Werthe von Kohlensäure und Sauerstoff zu erhalten. Die eingesperrten Geschöpfe verzehren die ihnen mitgegebene Nahrung und befinden sich nach dem Versuche vollkommen wohl. Man kann dessenungeachtet bezweifeln, daß man selbst auf diesem Wege Ergebnisse erhält, die den regelrechten Zuständen vollkommen entsprechen.

Setzt man auch voraus, daß Alles so vollkommen gelingt, daß sich kein wesentlicher Einwand von physikalisch-chemischer Seite ergiebt, so stößt man auf einzelne Hindernisse untergeordneten Ranges und auf andere wichtigere Schwierigkeiten, die einen wesentlichen Einfluß auf die physiologische Beurtheilung ausüben. Der frisch gelassene Harn vieler Thiere macht Kohlensäure frei. Das Verhalten der Kothmassen ist noch nicht hinreichend geprüft worden. Diese beiden Fehlerquellen sind jedoch so unbedeutend, daß Regnault und Reiset selbst keine erheblichen aus diesen Verhältnissen hervorgehenden Störungen bemerkten. Dasselbe gilt von den Darmgasen, die von Zeit zu Zeit davon gehen.

Die Art, wie die Thiere athmen, wird sich nachdrücklicher geltend machen. Ein Geschöpf, das sich viele Stunden und selbst Tage lang in einem fortwährenden Windstrome und in einer etwas kohlensäurereicheren Luft befindet, muß auf andere Weise, als in ruhiger Atmosphäre athmen. Die Athmungsmechanik, die einen sichtlichen Einfluß auf die Verhältnißmengen der Kohlensäure ausübt (§. 814.), wechselt wahrscheinlich hierbei nach Maaßgabe des Baues der Brust und der ihr entsprechenden übrigen Einrichtungen. Die Thatsache, daß sich die Thiere wohl zu befinden scheinen, steht dieser Vermuthung nicht entgegen. Setzt man Hunde, Kaninchen oder Mäuse einem Luftstrome reiner Atmosphäre, die durch ihren Aufenthaltsbehälter mittelst des Aspirators (Fig. 155, S. 267.) geleitet wird, aus, so bieten sie regelwidrige Athembewegungen nach einiger Zeit dar. Mäuse und Kaninchen nehmen dessenungeachtet noch Futter zu sich. Ein Asthmatischer, ein Kranker mit Lungenemphysem athmet oft Wochen und Monate lang auf das Peinlichste, ohne daß das Nahrungsbedürfniß oder die Möglichkeit der Erholung verloren gehen.

Man sieht hieraus, daß nur an dem Menschen angestellte Untersuchungen manche der hier in Betracht kommenden feineren Fragen mit Sicherheit entscheiden könnten. Der zarteste Punkt, der Einfluß der Art des Athmens, wird einzig und allein durch Erfahrungen, welche geübte Naturforscher an sich selbst machen, erläutert werden.

§. 835. Die in der Regel höher temperirte Haut erwärmt die angrenzenden Atmosphärenschichten, so weit es der Wechsel derselben zu gestatten vermag (§. 200.). Es treten daher dann Wasserdämpfe, welche die trockene Oberhaut verhältnißmäßig leichter hindurchläßt (§. 148.), aus der Ernährungsflüssigkeit und dem Blute hervor. Die Menge der- Wasserausdünstung der Haut.

selben wird mit der Wasserdunstsättigung und der Temperatur der umgebenden Atmosphäre, der Blutfüllung und den physikalischen Eigenschaften der Hautgewebe abweichen.

Menge des Perspirationswassers. §. 836. Perspirationsversuche, die ich an mir selbst anstellte, ergaben auf mittelbarem Wege, daß meine 52 bis 54 Kilogr. schwere Körpermasse durchschnittlich etwas weniger, als 1154 bis 1116 Grm. Wasser mittelst der Lungen- und der Hautausdünstung in 24 Stunden verlor. Barral [29]), der 47,5 Kilogr. wog, schließt aus Erfahrungen, die er an sich selbst machte, daß die Menge des täglich davongehenden Wassers 1142 bis 1288 Grm. betrug. Mein Werth umfaßt noch den Kohlenstoff, der in der Hautausdünstung austritt, die Darmgase, die Hautschmiere und die zufällig entleerten Mundflüssigkeiten. Die Zahlen von Barral schließen die gleichen Nebenabgänge mit Ausnahme des Kohlenstoffes der Hautausdünstung ein.

Mengen des Haut- und des Lungenwassers. §. 837. Erinnern wir uns, daß die Wasserdämpfe der Athmungsluft weniger, als ½ Kilogr. für meinen Körper zu betragen scheinen (§. 781.), so ergiebt sich, daß die Haut mehr Wasser entläßt, als die Lungen. Diese eigenthümliche Thatsache erklärt sich vermuthlich aus den physikalischen Eigenschaften der Gewebe derselben (§. 148.) und dem rascheren und freier gegebenen Wechsel der Berührungsluft.

Quellen der Wasserdämpfe der Haut. §. 838. Ein kleiner Theil der Wasserdünste rührt davon her, daß das in den Wänden und den Hohlräumen der Hautdrüsen (Taf. IV. Fig. LII. i h k) und der Haarbälge (Taf. IV. Fig. LIII. g) befindliche Wasser unmittelbar abdampft. Die größere Menge dagegen stammt aus den durchfeuchteteren Oberhautschichten, der wasserreichen Lederhaut und dem Blute der Letzteren. Sie muß daher die trockeneren hygroskopischen Lagen der Oberhaut durchsetzen, um ins Freie zu gelangen (§. 126.).

Schweißbildung. §. 839. Da es von dem Zustande und dem Wechsel der Atmosphäre abhängt, wie viel Wasser in einer gegebenen Zeiteinheit in Dunst übergeht, so ereignet es sich nicht selten, daß der Organismus mehr, als sich auf der Stelle verflüchtigt, ausscheidet. Die Haut bedeckt sich in diesem Falle mit einzelnen, nach und nach zusammenfließenden Schweißtropfen. Die näheren Verhältnisse dieser Erscheinung werden uns in der Absonderungslehre beschäftigen.

Quantität des Gaswechsels der Perspiration. §. 840. Betrachten wir zunächst die Ergebnisse, zu denen die neueren über den Gaswechsel angestellten Forschungen geführt haben, so können wir die für die verschiedenen Thiere erhaltenen Werthe übersichtlich am Kürzesten darstellen, wenn wir die stündlichen auf 1 Kilogr. des Körpergewichtes bezogenen Mengen zusammentragen und die Verhältnisse der Gewichte des verschluckten Sauerstoffes zu der ausgeschiedenen Kohlensäure hinzufügen. Da Regnault und Reiset die Eigenschwere der lebenden Thiere der des Wassers gleich setzten, so habe ich die Berechnungen von Erlach's Versuchen des Vergleiches wegen nach demselben Verfahren angestellt. Es ergiebt sich dann:

Nach Erlach.

Thier.	Körpergewicht in Grm. für je ein Thier im Durchschnitt	Stündliche Kohlensäuremenge in Grm. für 1 Kilogr. Körpergew.	Gewicht der Kohlensäure, das des verschluckten Sauerstoffes = 1	Zahl der Beobachtungen
Junge Hunde	515 bis 943	0,859 bis 1,464	1,023 bis 1,084	3
Junge Katzen	792	0,820 » 1,937	1,022 » 1,150	4
Kleine Kaninchen . .	165,6 bis 342,3	0,997 » 2,173	0,909 » 1,272	5
Trächtiges Meerschweinchen und dasselbe Thier nach dem Gebären. . .	359 bis 481	1,095	1 239 » 1,427	4
Männliches Meerschweinchen	566	1,013	1,357	1
Neugeborene Meerschweinchen	61	2,514 bis 4,292	1,049 bis 1,682	6
Lebhaft sich bewegendes Eichhörnchen.	292	2,502 » 3,828	1,018 » 1,462	3
Maus	11	11,560 » 13,102	1,132 » 1,135	2
Sehr junge Hühnchen	315	2,4[illegible]8 » 3,482	1,191 » 1,324	6
Haustaube.	336	0,880 » 2,513	0,893 » 1,370	6
Frösche	11 bis 60	0,072 » 0,178	1,032 » 1,263	5

Nach Regnault und Reiset.

Thier.	Körpergewicht in Grm. für je ein Thier im Durchschnitt	Stündliche Kohlensäuremenge in Grm. für 1 Kilogr. Körpergewicht	Gewicht der Kohlensäure, das des verschluckten Sauerstoffes = 1	Zahl der Beobachtungen
Hunde	4712 bis 6393	0,900 bis 1,737	0,952 bis 1,296	12
Kaninchen	2313 » 4140	0,680 » 1,399	0,925 » 1,371	11
Hühner	851 » 2020	0,817 » 2,007	0,862 » 1,472	16
Enten	1133 » 1458	1,306 » 2,280	0,857 » 1,227	5
Grünfink.	17,5 » 25	9,240 » 14,007	0,950 » 1,043	3
Kreuzschnabel. . . .	28,6	12,032	1,096	1
Sperling.	22	10,480	1,093	1
Unversehrte Frösche	37,4 bis 70	0,061 bis 0,110	0,860 » 1,033	5
Frösche mit ausgeschnittenen Lungen	57,5 » 92,5	0,049 » 0,072	1,052 » 1,094	2

Obgleich die Versuche von Erlach in dem §. 831 beschriebenen geschlossenen Raume, der nur kürzere Beobachtungszeiten gestattet, gemacht wurden, so geben doch die meisten vergleichbaren Thiere ähnliche Grenzwerthe, wie die Zahlen von Regnault und Reiset (§. 833.), für die absoluten Kohlensäuremengen und die Gewichtsverhältnisse des verschluckten Sauerstoffes und der ausgeschiedenen Kohlensäure. Wir begegnen entsprechenden, auf keine bestimmte Gesetze zurückzuführenden Schwankungen. Dieses deutet von Neuem an, daß die nicht genau zu verfolgende Art des Athmens ein wesentliches Bedingungsglied des Endergebnisses ausmacht.

Lebhaftere Kohlensäurebildung in kleineren Thieren.

§. 841. Thiere, die sich in Athemnoth befinden, pflegen größere absolute Mengen von Kohlensäure auszuscheiden. Man sieht zugleich, daß Geschöpfe von sehr geringem Umfange, wie die Mäuse, die Finken, die Sperlinge unverhältnißmäßig mehr Kohlensäure als voluminösere Wesen liefern. Der Nutzen dieser Erscheinung wird uns in der Lehre von der thierischen Wärme klar werden.

Verhältniß des Gaswechsels der Haut zu dem der Lungen.

§. 842. Die Säugethiere und die Vögel nehmen die bei Weitem größte Menge von Sauerstoff in ihren Athemwerkzeugen auf. Sie lassen auch hier die beträchtlichsten Kohlensäuremassen austreten. Die, welche die Haut und der Darm liefern, betragen nach Regnault und Reiset nur selten $1/_{50}$ der von den Athmungswerkzeugen herrührenden Kohlensäure. Die Hautausdünstung übernimmt dagegen in den Fröschen die Hauptrolle. Die Entfernung der Lungen setzt die auf 1 Kilogr. und eine Stunde kommende Kohlensäuremenge lange nicht auf die Hälfte herab.

Kohlensäureaushauchung des Menschen.

§. 843. Gehen wir nun zu dem Menschen über, so fanden Scharling und Hannover, daß ein erwachsener Mann 0,447 bis 0,592 Grm. Kohlensäure als durchschnittliche stündliche Menge für 1 Kilogr. Körpergewicht darbietet. Eine Frau hatte, 0,451 Grm. und zwei Kinder 0,831 und 0,904 Grm.

§. 844. Vergleicht man hiermit die §. 840 angeführten Zahlenwerthe, so ergiebt sich, daß der erwachsene Mensch verhältnißmäßig weniger Kohlensäure, als jedes der oben verzeichneten Säugethiere liefert. Ein Hauptgrund dieses Unterschiedes liegt wahrscheinlich wiederum in dem größeren Körperumfange. Man darf übrigens nicht übersehen, daß die dem Versuche unterworfenen Menschen ruhiger, als die Thiere (§. 832.) zu athmen pflegen. Behält man dieses im Auge, so erklärt sich auch, weshalb die Zahlen, die Scharling und Hannover für die gesammte Ausdünstung erhalten haben, hinter denen, die Andral und Gavarret oder Brunner und ich für die Lungenthätigkeit allein fanden, zurückstehen. Die Ursache der Erhöhung lag in dem Gebrauche von besonderen Athmungsvorrichtungen (§. 780.), die in Scharling's und Hannover's Untersuchungen hinwegfielen.

Kohlensäureaushauchung der Haut des Menschen.

§. 845. Die von Scharling angestellten Beobachtungen erhärten ebenfalls, daß die Hautausdünstung allein geringe Kohlensäuremengen entfernt. Sie betrugen $1/_{25}$ bis $1/_{32}$ der in den Lungen ausgeschiedenen

Gasmasse. Es ergiebt sich hieraus, daß sich die Haut mit der reichlichen Entleerung von Wasserdämpfen vor Allem beschäftigt (§. 837.).

§. 846. Man hat bis jetzt noch nicht versucht, die Gesammtmenge des Sauerstoffes, die ein Mensch in seiner Lungen- und Hautausdünstung verzehrt und die Kohlensäure, die er gleichzeitig entläßt, unmittelbar zu erforschen. Barral bestimmte aber diese Zahlen nach einem mittelbaren Verfahren, das auf seinen, in der Ernährungslehre anzuführenden statistischen Untersuchungen fußt. Diese liefern schon an und für sich keine ganz sichere Grundlage (§. 286.). Berechnet man die procentige Zusammensetzung der elementaranalytischen Bestandtheile der festen Rückstände des Harnes und des Kothes aus den von jenem Forscher angegebenen absoluten Werthen, so sieht man, daß sie für alle bald zu erwähnenden Personen übereinstimmen. Sie sind daher wahrscheinlich nicht einzeln untersucht, sondern nach einer Hauptanalyse übertragen worden. Da aber schon die Ungleichheit der Nahrungsmittel Abweichungen der Beschaffenheit des Kothes und des Harnes bedingen, so ergiebt sich hieraus eine neue wesentliche Fehlerquelle. Sauerstoff der Perspiration.

Stellt man die von Barral mitgetheilten Werthe zusammen, so hat man:

Person, Alter und Körpergewicht.	In Grm. ausgedrückte 24stündige Menge		Gewicht der Kohlensäure, das des Sauerstoffes = 1.
	des verzehrten Sauerstoffes.	der ausgeschiedenen Kohlensäure.	
Barral selbst. 29 Jahre. 47,5 Kilogr.	1061,5	1230,9	1,16
Desgleichen.	773,3	888,4	1,15
59jähriger Mann 58,7 Kilogr.	889,1	1088,3	1,23
32jähriges Frauenzimmer. 61,2 Kilogr.	886,7	1006,9	1,14
6jähriger Knabe. 15 Kilogr.	423,4	514,0	1,21

Das Mittel wäre 1,17, mithin fast genau das dem Diffusionsverhältniß entsprechende (§. 815.). Die oben angeführten Gründe hindern aber, eine sichere Bestättigung irgend einer Theorie in diesen Zahlen finden zu wollen.

§. 847. Nimmt man an, daß das etwas verstärkte Athmen, welches den an mir gemachten Untersuchungen zum Grunde lag, die geringe Kohlensäuremenge der Hautausdünstung ergänzte, so würde ich durchschnittlich 808 Grm. Sauerstoff in 24 Stunden aufnehmen und 939,5 Grm. Kohlensäure ausscheiden. Das Gewichtsverhältniß betrüge 1,16.

§. 848. Die neueren eudiometrischen Analysen haben nicht dargethan, daß irgend beträchtliche Mengen anderer Gase durch die Haut entweichen. Verdunstung organischer Stoffe.

Flüchtige organische Stoffe und wohl auch Spuren unorganischer Verbindungen treten häufig aus. Der säuerliche Geruch, den schwitzende Hautstellen zu verbreiten pflegen, scheint von verdampfbaren Fettsäuren, wie z. B. Caprylsäure (§. 310.), vorzugsweise herzurühren. Die Hautschmiere und der Schweiß können die nöthigen Materialien in Ueberfluß liefern.

Aufnahme von Flüssigkeiten durch die Haut. §. 849. Ein Wasserbad vermag die Thätigkeit der Haut gewissermaaßen umzukehren. Die tropfbar flüssige Umgebung hindert oder verringert nicht bloß den Luftwechsel. Sie durchtränkt auch nach und nach die Oberhaut (§. 120.) und macht deshalb Endosmosewirkungen möglich (§. 129.). Stoffe des Badewassers dringen auf diese Weise zu der Ernährungsflüssigkeit und dem Blute vor.

Absonderung.

Grundbedingung der Absonderung. §. 850. Die porösen Gefäßwände können einen wechselseitigen Diffusionsstrom des unter einem gewissen Drucke fortgetriebenen Blutes und der die Gewebe durchtränkenden Ernährungsflüssigkeit vermitteln. Stoßen die Gebilde, in denen sie verlaufen, an einen von der äußeren Luft abgeschlossenen Hohlraum, so müssen sie flüssige Stoffe, bis die Spannung derselben der des Blutes und der Gefäße das Gleichgewicht hält und die chemischen Anziehungen befriediget worden, hervortreten lassen. Diese einfachste Form der Absonderung kehrt in den Hüllen des Gehirns und des Rückenmarkes, dem Herzbeutel, dem Lungenfell, dem Bauchfell, dem Sacke der Scheidenhaut des Hodens, den Gelenkhäuten, den Sehnenscheiden und den Schleimbeuteln, mithin in allen serösen Säcken und den ihnen ähnlichen Gebilden wieder. Fig. 158 stellt die Verhältnisse der Sehnenscheiden schematisch dar. Ist *a* eine Sehne, so bekleidet das hautartige Blatt *b c* die Oberfläche derselben. Es schlägt sich dann in die freie Lamelle *d e* um. Das in *d e* kreisende Blut wird den Hohlraum *f* mit Flüssigkeiten füllen, bis keine thätige Verschiedenheit des Druckes und der chemischen Zusammensetzung verändernd eingreifen kann. Wechselt die in *f* enthaltene Flüssigkeit aus irgend einem Nebengrunde, so sind die in den benachbarten Blutgefäßen kreisenden Blutmassen zur Ausgleichung der Unterschiede immer bereit.

Fig. 158.



Aussonderung.

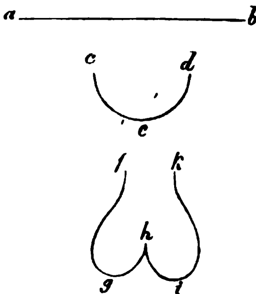
§. 851. Oeffnet sich der Hohlraum, den die Absonderungshaut begrenzt, nach einer Seite hin, so kann auch die Ausschwitzungsmasse abgeleitet oder ausgesondert werden. Es fehlt ihr der hemmende Gegendruck, den sie in den geschlossenen Räumen zuletzt erreicht. Die ungehinderte Fortdauer der Absonderung wird auf diese Weise gesichert. Die äußere Haut, die Schleimhäute und die mannigfachen absondernden Drüsen bieten diesen zweiten wesentlichen Vortheil dar. Die Galle, welche die Leber (*a*, Fig. 86, S. 141.) liefert, kann durch den Leber- und den Gallengang (*n* und *r*, Fig. 86.) in den Zwölffingerdarm (*i*) abfließen. Die schon früher erzeugte Mischung setzt daher kein Hinderniß mehr der späteren Absonderung entgegen.

Vergrößerung der Absonderungsfläche.

§. 852. Die Flüssigkeitsmenge, die unter sonst gleichen Verhältnissen in einer gegebenen Zeiteinheit hervortritt, muß mit der Größe der freien Oberfläche zunehmen. Die Natur suchte daher dieses Bedingungsglied so sehr als möglich zu begünstigen. Der Bau der absondernden Drüsen erklärt sich zu einem großen Theile aus diesen Verhältnissen.

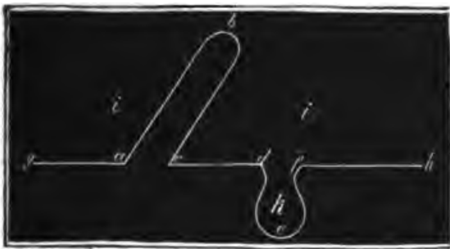
§. 853. Denken wir uns, *ab*, Fig. 159, sei der Querschnitt einer ebenen Flächenbegrenzung, so wird die Oberfläche die gleiche bleiben, wenn wir *a b* zu *c d e* einrollen oder zu *f g h i k* zusammenfalten. Man gewinnt aber in den beiden letzteren Fällen den Vortheil, daß die Haut *ab*, von welcher die Oberfläche abhängt, in einem geringeren Raume dahinläuft. Reicht dieser zu den Zwecken des Ganzen hin, so ist die Möglichkeit gegeben, eine ausgedehnte thätige Fläche in ein sehr kleines Werkzeug zusammenzudrängen.

Fig. 159.



§. 854. Die Absonderungshaut *gh*, Fig. 160, kann auf diese Weise auf zweierlei Wegen an Oberfläche gewinnen. Wächst sie in Falten, zu Zotten oder in andere Erhabenheiten *abc* aus, so wird hierdurch eine neue Masse, in deren Inneres Blutgefäße treten können, geschaffen. Die freie Fläche *a b c* übertrifft aber die geradlinigte *ac* um eine gewisse von ihrer Form abhängige Größe. Ihre Absonderung gelangt unmittelbar in den bei *i* befindlichen Nebenraum. Senkt sich hingegen *gh* zur Grube *def* ein, so wiederholt sich der Zuwachs an Oberfläche. Wir haben aber hier einen Nebenbeutel, der seine Ausschwitzungsflüssigkeit in *k* absondert und erst von da nach dem benachbarten Hohlraum *i* ausführt. Der erstere Fall liefert uns ein Bild der einfachen Secre-

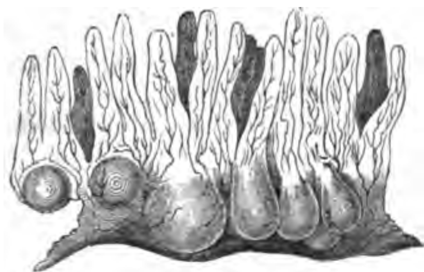
Fig. 160.



tion, der zweite dagegen den einer ursprünglichen Ab- und einer nachträglichen Aussonderung.

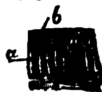
§. 855. Wie die Kiemen die Vergrößerung der Athmungsfläche durch äußere Verzweigungen, die Lungen dagegen durch innere Höhlenbildungen zu erreichen suchen (§. 725.), so kehrt etwas Aehnliches in den Absonderungswerkzeugen wieder. Zahlreiche Zotten, wie sie Fig. 161 zeigt, wuchern an der Schleimhaut der dünnen Gedärme. Die Absonderung des Darmschleimes vermehrt sich hierdurch eben so gut, als die Möglichkeit der Einsaugung. Falten kehren häufig in den Schleimhäuten des Nahrungscanales und Wärzchen in der Lederhaut (Taf. IV. Fig. LXII. d. e.), der Bindehaut, den Schleimhäuten der Nase, der Mundhöhle, der Harnblase, der Scheide und an vielen anderen Orten zu dem gleichen Zwecke wieder.

Fig. 161.



§. 856. Der Bau der absondernden Drüsen fußt auf der in *def*, Fig. 160, erläuterten Grubenbildung. Die Fig. 162 schwach vergrößert dargestellten Magendrüschen (Taf. IV. Fig. LXII.) [§. 433.] liefern eines der einfachsten Beispiele. Das Nebensäckchen *a*, in dessen Wänden die Blutgefäße verlaufen, enthält einen Aufnahmsraum, der in die Magenhöhle an dem einen Ende *b* frei einmündet.

Fig. 162.



Verknäuelung und Theilung der Drüsengänge.

§. 857. Soll die Zusammendrängung der Oberfläche noch mehr zunehmen, so stehen zweierlei Mittel zu Gebote. Die Absonderungshöhle verlängert sich zu einem ausgedehnten schmalen Rohre, das sich möglichst zusammenwickelt (Taf. IV. Fig. LXII. o. p.), oder sie verzweigt sich baumförmig in eine immer größere Zahl untergeordneter und ebenfalls zusammengedrängter Absonderungsgänge (Taf. IV. Fig. LIII. b. c.). Die röhrigen Drüsen liefern ein Beispiel des ersten und die verästelten einen Beleg des zweiten Falles.

Fig. 163.



Fig. 164.

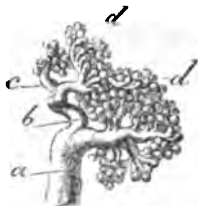


Fig. 163 zeigt uns das Schema einer Hautdrüse oder einer sogenannten Spiral- oder Schweißdrüse. Der nach oben gerichtete Hauptgang theilt sich zuerst in zwei untergeordnete Röhren, die sich dann mannigfach zu verknäueln suchen. Fig. 164 dagegen stellt einen Abschnitt der Ohrspeicheldrüse dar. Die baumförmige Verzweigung setzt sich hier

so lange fort, bis endlich nur feine, unter schwachen Vergrößerungen wahrnehmbare Absonderungsröhrchen herauskommen. Diese schließen mit runden blinden Anschwellungen, die man mit dem Namen der Endköpfchen, der Endknöpfchen oder der Terminalbläschen zu bezeichnen pflegt (Taf. IV. Fig. LII. b.).

§. 858. Es versteht sich von selbst, daß sich die Natur an keinen der eben dargestellten Typen ausschließlich zu binden braucht. Wir finden in der That, daß ein und dasselbe Absonderungswerkzeug die Vergrößerung seiner Oberfläche auf den verschiedensten Wegen bisweilen verfolgt. Die Röhren der Fig. 163 gezeichneten Hautdrüsen (Taf. IV. Fig. LII. a.) und der Harncanälchen (Taf. V. Fig. LV.) theilen sich bisweilen gabelig, ehe sie sich beträchtlich verlängern und einwickeln. Die Endbläschen der baumförmigen Drüsen zeigen zwar in der Regel eine glatte Innenfläche. Wir haben aber schon §. 725 bemerkt, daß die Lungenbläschen Falten besitzen, welche die Athmungsoberfläche noch mehr zu vergrößern suchen.

Schätzungsgrößen der Absonderungsflächen einzelner Drüsen

§. 859. Man ist nicht im Stande, die Ausdehnung der Absonderungsflächen, welche die Natur in den Drüsen hergestellt, mit Genauigkeit auszumitteln. Schätzungen, die eher zu klein, als zu groß ausfallen, lehren aber, daß hier Werthe, die auf den ersten Blick unglaublich scheinen, häufig erreicht werden (§. 31.). Die absondernde Oberfläche einer einzelnen Ohrspeicheldrüse kann zu ungefähr $^2/_3$ der Oberfläche der Haut angeschlagen werden. Ein Hode liefert etwa $^1/_5$, eine Niere nahebei $4^1/_2$ und eine Lunge mindestens 6 Quadratmeter.

Einfluß des Blutes auf die Absonderungen.

§. 860. Die Menge, die Geschwindigkeit und die Beschaffenheit des Blutes, das in einem Absonderungswerkzeuge kreist, müssen einen wesentlichen Einfluß auf die Ausschwitzung selbst ausüben. Die Nieren, die das überflüssige Wasser schnell entfernen sollen, besitzen deshalb die weite Nierenschlagader. Der beträchtliche Umfang der Lungenschlagader (*d*, Fig. 100, S. 184.) hat ebenfalls zum Zweck, möglichst viel Blut in kürzester Zeit den Lungen zuzuführen. Eine mit zahlreicheren Haargefäßen ausgerüstete Drüse wird eine andere Absonderung unter sonst gleichen Verhältnissen liefern können, weil die bedeutende Erweiterung des Flußbettes (§. 689.) die Geschwindigkeit herabsetzt (§. 106.) und andere Ausgleichungsverhältnisse möglich macht. Sind die Blutbahnen so eingerichtet, daß sich der Druck relativ erhöht oder vermindert, so erhalten wir ein zweites einflußreiches Bedingungsglied. Wir werden später sehen, daß sich Erscheinungen der Art in den Nieren und der Leber am Durchgreifendsten zu verrathen pflegen. Die Gallenbereitung kann am Deutlichsten zeigen, welchen Einfluß die Blutmischung selbst auf die Beschaffenheit der Absonderung ausübt, weil das venöse Pfortaderblut die Leber, arterielle Blutmassen dagegen die übrigen Drüsen versorgen.

Einflüsse des feineren Drüsenbaues.

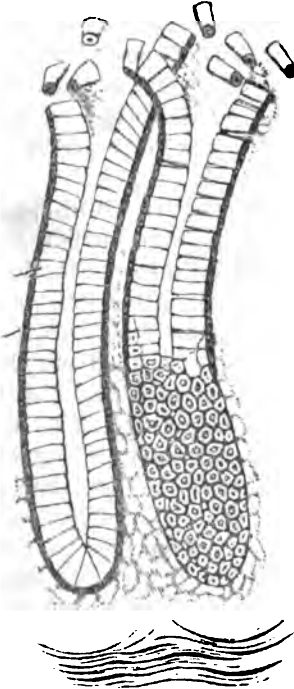
§. 861. Die Molecularbeschaffenheit der trennenden Scheidewände, d. h. der Wandungen der Blutgefäße und der bald zu betrachtenden Mittelhäute und Innenzellen der Drüsengänge übernimmt wahrscheinlich eine wesentliche Stelle in allen Absonderungsvorgängen. Man hat sich

im Ganzen noch wenig bemüht, diesen Gegenstand auf physikalischem Wege genauer zu verfolgen. Man kann aber voraussehen, daß die Wahrheit erst nach vielen Umwegen auf diesem Gebiete zum Vorschein kommen wird. Die Häute der feinsten Absonderungscanäle sind meist zu klein, als daß sie einzelnen Diffusionsversuchen unterworfen werden könnten. Ihre physikalische Beschaffenheit ändert sich oft kurz nach dem Tode in wesentlicher Weise. Es ist meistentheils nicht möglich, die Nebenbedingungen des Druckes, der Strömung und des gehörigen Abflusses, die im Leben eingreifen, in Bruchstücken des Leichnames genügend nachzuahmen. Die Wirkungen endlich, welche die selbstständige Verkürzung bedingen kann, liegen natürlich gänzlich außerhalb des Bereiches der möglichen willkührlichen Wiederholung in den abgestorbenen Prüfungstheilen.

Beziehung der Drüsenzellen zur Absonderung.

§. 862. Die neueren mikroskopischen Untersuchungen haben mehr, als einen Fingerzeig geliefert, daß viele Absonderungen aus noch verwickelteren Erscheinungen hervorgehen. Wir finden in den durch Fig. 165 abgebildeten, etwas stärkeren vergrößerten Magendrüschen des Schweines an der Innenseite eines jeden Schlauches Epithelialcylinder, die pallisadenartig neben einander stehen. Der abgesonderte Magensaft bildet aber keine reine chemische Auflösung, sondern eine Mischung einer schleimigten Flüssigkeit mit Körnchen, Kernen und Zellen. Wir werden in der Folge sehen, daß alle anderen Schleimarten etwas Aehnliches darbieten. Sie entstehen nur dadurch, daß eine gewisse gleichartige Grundflüssigkeit, die von den Blutgefäßen aus durchschwitzt, einzelne Bestandtheile der nebenbei erzeugten Epithelien auflöst und andere als feste Rückstände mechanisch gemischt beibehält. Die Absonderung, wie sie am Ende austritt, enthält daher dreierlei Bestandtheile, eine rascher ausgeschiedene Grundflüssigkeit, Lösungsproducte der langsamer erzeugten Innenzellen und die unlöslichen Ueberreste der zuletzt genannten Gebilde oder anderer Körper.

Fig. 165.



§. 863. Die mikroskopische Untersuchung der Leber, der Nieren und der Hoden führt noch zu der Ueberzeugung, daß manche Verbindungen, die später in den Absonderungen auftreten, in dem Innern von Drüsenzellen

früherhin vorkommen. Die Leber des Menschen enthält eine große Menge eigenthümlicher Leberzellen. Fig. 166 zeigt einige Formen derselben, wie sie sich unter 255facher Durchmesservergrößerung darstellen. Sie führen nicht selten gelbe Kugeln oder unbestimmt begrenzte gelbliche Massen, welche die chemischen Eigenschaften einzelner Gallbestandtheile besitzen. Die Zellen in den Harncanälchen mancher wirbelloser Geschöpfe (vergl. Taf. V. Fig. XLV. a.) schließen Körnchen von Harnsäure ein. Die beweglichen Samenelemente, die sogenannten Samenthierchen (Taf. V. Fig. LXXVI.), entstehen in Mutterzellen, die nach und nach zu Grunde gehen. Die Natur arbeitet hier in langsamen Wachsthumserscheinungen während der Ruhezeit stetig fort. Die gelegentlich und rascher durchgreifende Ausscheidung kann dann Bestandtheile, die längere Zeit zu ihrer Ausbildung nöthig haben, bereit finden und zu ihrem Vortheile benutzen. Manche Forscher glauben sogar aus diesen und ähnlichen Thatsachen schließen zu können, daß die Bildung von Mutterzellen ein wesentliches Merkmal der Absonderungsthätigkeit ausmacht.

Fig. 166.



§. 864. Man hat häufig die Frage aufgeworfen, ob die Arbeit der Drüsen nur auf Filtrations- und Diffusionserscheinungen oder zugleich auf tieferen organischen Vorgängen beruht. Die bis jetzt betrachteten Erscheinungen können dieses schon zu einem großen Theile beantworten. Die ursprüngliche flüssige Mischung stammt aus dem Blute und dem Ernährungsfluidum. Der Ueberschußdruck dieser Körpersäfte und die Beschaffenheit der trennenden Scheidewände bestimmen dann den Erfolg in wesentlicher Weise (§. 861.). Wir haben daher einfachere physikalische Thätigkeiten, deren Ergebnisse mit dem Bau und den Wechselverhältnissen der Absonderungswerkzeuge schwanken müssen. Man kann sich hieraus hypothetisch erklären, weshalb viele seröse Absonderungen beträchtliche Salzmengen enthalten (§. 143.), warum der in dem Blute vorgebildete Harnstoff in den Urin fast ausschließlich und unzersetzt übergeht und die gelbe Farbe des Harnes oder der Galle den Speichel- und den Schleimarten mangelt. Die §. 863 erwähnten Thatsachen lehren dagegen, daß manche Absonderungen die organische Entwicklung der Drüsenzellen nöthig haben. Fehlt aber die zu diesem Vorgange erforderliche Zeit, so fällt auch die Mischung wässeriger und mehr oder minder regelwidriger aus.

§. 865. Wir werden später sehen, daß einzelne seröse oder schleimigte Flüssigkeiten an den verschiedensten Körperstellen auftreten. Andere dagegen können bloß von bestimmten Drüsen bereitet werden. Der Same wird immer nur im Hoden erzeugt. Da sich die Samenschlagader des Menschen durch ihre beträchtliche Länge und Schmalheit vor allen anderen Arterien auszeichnet, so könnte man glauben, daß die hierdurch bedingten Eigenthümlichkeiten der Blutbewegung zur Samenbildung wesentlich beitragen. Jene Einrichtung fehlt aber in den meisten Geschöpfen. Die von Berthold angestellten Versuche lehren sogar, daß

die regelrechte Blutgefäß- und Nervenverbindung kein nothwendiges Bedingungsglied der Fortentwickelung des Samens der Vögel darstellt. Hatte jener Forscher den ausgeschnittenen Hoden eines Hahnes an dem Darm anheilen lassen, so zeigten sich später in ihm dessenungeachtet bewegliche Samenelemente. Der Bau und der von früher gegebene Inhalt der Hodenröhren reichten daher zu dieser Fortentwickelung hin.

Rückenkraft der Absonderungsthätigkeit.

§. 866. Die in den Drüsenröhren enthaltene Flüssigkeit setzt natürlich einen gewissen Widerstand der nachfolgenden Absonderung entgegen. Die offenen Ausgänge verhüten es aber in der Regel, daß Gegendruck genug gewonnen wird, um die fernere Ausschwitzung unmöglich zu machen. Da nun die Oberfläche nach den blinden Enden der baumförmig verzweigten Drüsen hin zunimmt und die Summe der Lumina der untergeordneten Röhren größer als die des Hauptausführungsganges ausfällt, so liefert die Fortdauer der Absonderung eine Rückenkraft (§. 545.), welche die vorhandene Mischung mit wachsender Geschwindigkeit vorwärts treibt (§. 106.). Die Natur zog aber noch andere Mittel zu Hilfe, weil jener Umstand allein weder Sicherheit noch Schnelligkeit genug darzubieten pflegt.

Verkürzungsvermögen der Drüsengänge.

§. 867. Die Ausführungsgänge der größeren Drüsen, wie der Harnleiter (*o*, Fig. 137, S. 219.) oder der Samenleiter können ebenso kräftige und rasche Wurmbewegungen, als der Darm (§. 399.) liefern. Einfache Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LIX.) lassen sich in ihrer Mittelhaut unter dem Mikroskope nachweisen. Die feineren Drüsengänge pflegen freilich eine gleichartige Mittellage darzubieten (Taf. V. Fig. LXIV. a., Fig. LXV. b.). Wir werden jedoch später sehen, daß diese Thatsache die Möglichkeit ihres Verkürzungsvermögens nicht beseitigt.

Wirkung benachbarter Muskeln.

§. 868. Die Zusammenziehung der benachbarten Muskelmassen preßt bisweilen den Inhalt einzelner Absonderungswerkzeuge hervor. Die Thätigkeit der Kaumuskeln wirkt vielleicht auf die Ohrspeicheldrüse und die Wurmbewegung des Magens und des Darmes auf die Schleimhautdrüsen dieser Theile. Die Natur hat sich aber nie auf solche Hilfsmittel ausschließlich verlassen. Alle jene Drüsen können die reichlichsten Flüssigkeitsmengen während der Ruhe der angrenzenden Muskelmassen ausstoßen.

Hautoberfläche.

§. 869. **Hautabsonderung.** Die verhältnißmäßige Größe der Hautoberfläche wechselt im Laufe des Lebens in bedeutendem Grade. Wir haben schon §. 89 gesehen, daß die äußere Haut eines erwachsenen Menschen einen Flächenraum von ungefähr 1,5 bis 1,65 Quadratmeter einnimmt. 1 Kilogr. Körpergewicht entspricht dann 0,028 bis 0,022 und 1 Cubikdecimeter Körpervolumen 0,029 bis 0,023 Quadratmeter. Ein weiblicher Neugeborener, der 1,77 Kilogr. wog, und 1733 Cubikcentimeter Rauminhalt hatte, bot eine Hautoberfläche von 0,12 Quadratmeter dar. 1 Kilogr. Körpergewicht und 1 Cubikdecimeter Volumen führten daher zu 0,07 Hautfläche. Dieser beträchtliche Unterschied rührt nicht ausschließlich von der stärkeren Skelettentwickelung des Erwachsenen her.

Er hängt vielmehr offenbar damit zusammen, daß kleinere Körper verhältnißmäßig größere Oberflächen darzubieten pflegen.

§. 870. Wir haben schon §. 893 die Grundbedingung, unter welcher der Schweiß hervorbricht, kennen gelernt. Da die Haut des Menschen die umgebende Atmosphäre zu erwärmen pflegt, so können immer noch Wasserdämpfe, wenn selbst die Luft für ihren ursprünglichen Wärmegrad mit Dunst gesättigt ist, hervortreten (§. 191.). Der Schweiß erzeugt sich gewöhnlich auch dadurch, daß der Organismus selbst reichlichere Flüssigkeitsmengen ausscheidet. Eine stärkere Blutfüllung, der Wechsel der Porositätsverhältnisse der Hautgewebe oder beider Erscheinungen zusammen liegen dem Schwitzen in der Regel zum Grunde. Ursache der Schweißbildung.

§. 871. Viele Forscher haben angenommen, daß die schon Fig. 163, S. 278, abgebildeten Drüsen (Taf. IV. Fig. XLII. i. bis p.), die man auch oft Spiraldrüsen ihres korkzieherartig gedrehten Ausführungsganges wegen nennt, die Schweißbildung vermitteln. Man führt sie daher auch häufig genug als Schweißdrüsen ausschließlich auf. Man kann allerdings mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die tropfbar flüssige Aussonderung zu den freien Oeffnungen jener Drüsenröhren (Taf. IV. Fig. XLII. i.) leichter hervortreten, als die dichten Hautgewebe selbst durchdringen wird. Da wir jedoch oft genug an Stellen, an denen jene Schläuche gar nicht oder sparsamer vorkommen, schwitzen, so ergiebt sich, daß auch die Haut selbst als Austrittsweg benutzt wird. Spiraldrüsen der Haut.

§. 872. Der Schweiß gehört zu den verdünntesten Flüssigkeiten des menschlichen Körpers (§. 34.). Sein fester Rückstand beträgt nur $1/2$ bis etwas über 1 %. Er enthält Kochsalz, Salmiak, Kalkphosphate, andere Salze und organische Stoffe. Oberhautblättchen (Taf. II. Fig. XXXII.) und Fettkörper bilden fremdartige Gemengtheile, die von der beigemischten Hautschmiere herrühren. Der saure Geruch, den manche Schweißarten in auffallendem Maaße darbieten, scheint theils von Essigsäure, theils von flüchtigen Fettsäuren (§. 848.) herzurühren. Beschaffenheit des Schweißes.

§. 873. Hört die Schweißerzeugung auf, so verdampfen nach und nach das Wasser und die übrigen verflüchtigbaren Verbindungen, die sich an der Oberfläche des Körpers angesammelt haben. Die anderen Stoffe dagegen schlagen sich in fester Form nieder. Man findet dann bisweilen einzelne mikroskopische Krystalle von Kochsalz (Taf. I. Fig. I.) oder von anderen Salzverbindungen auf und zwischen den losgeschilferten Oberhautblättchen (Taf. IV. Fig. LXII. c. i. a.). Trockenwerden der schwitzenden Haut.

§. 874. Ein Mensch, der stark schwitzt, kann hierdurch so viel Wasser verlieren, daß sich die Nothwendigkeit des Ersatzes durch Durstgefühle verräth und die Menge des Harnes sichtlich abnimmt. Manche Krankheitserscheinungen weisen darauf hin, daß sich die Bedingungsglieder der Schweißbildung mit befriedigender Sicherheit noch nicht verfolgen lassen. Personen, die an Hautwassersucht leiden, pflegen eine trockene Haut darzubieten. Der Schweiß bildet den Schlußstein der Fieberanfälle. Reichliche Schweiße pflegen manche tödtliche Entartungen Folgen der reichlichen Schweißbildung.

die regelrechte Blutgefäß- und Nervenverbindung kein nothwendiges Bedingungsglied der Fortentwickelung des Samens der Vögel darstellt. Hatte jener Forscher den ausgeschnittenen Hoden eines Hahnes an dem Darm anheilen lassen, so zeigten sich später in ihm dessenungeachtet bewegliche Samenelemente. Der Bau und der von früher gegebene Inhalt der Hodenröhren reichten daher zu dieser Fortentwickelung hin.

Rückenkraft der Absonderungsthätigkeit.

§. 866. Die in den Drüsenröhren enthaltene Flüssigkeit setzt natürlich einen gewissen Widerstand der nachfolgenden Absonderung entgegen. Die offenen Ausgänge verhüten es aber in der Regel, daß Gegendruck genug gewonnen wird, um die fernere Ausschwitzung unmöglich zu machen. Da nun die Oberfläche nach den blinden Enden der baumförmig verzweigten Drüsen hin zunimmt und die Summe der Lumina der untergeordneten Röhren größer als die des Hauptausführungsganges ausfällt, so liefert die Fortdauer der Absonderung eine Rückenkraft (§. 545.), welche die vorhandene Mischung mit wachsender Geschwindigkeit vorwärts treibt (§. 106.). Die Natur zog aber noch andere Mittel zu Hilfe, weil jener Umstand allein weder Sicherheit noch Schnelligkeit genug darzubieten pflegt.

Verkürzungsvermögen der Drüsengänge.

§. 867. Die Ausführungsgänge der größeren Drüsen, wie der Harnleiter (*o*, Fig. 137, S. 219.) oder der Samenleiter können ebenso kräftige und rasche Wurmbewegungen, als der Darm (§. 399.) liefern. Einfache Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LIX.) lassen sich in ihrer Mittelhaut unter dem Mikroskope nachweisen. Die feineren Drüsengänge pflegen freilich eine gleichartige Mittellage darzubieten (Taf. V. Fig. LXIV. a., Fig. LXV. b.). Wir werden jedoch später sehen, daß diese Thatsache die Möglichkeit ihres Verkürzungsvermögens nicht beseitigt.

Wirkung benachbarter Muskeln.

§. 868. Die Zusammenziehung der benachbarten Muskelmassen preßt bisweilen den Inhalt einzelner Absonderungswerkzeuge hervor. Die Thätigkeit der Kaumuskeln wirkt vielleicht auf die Ohrspeicheldrüse und die Wurmbewegung des Magens und des Darmes auf die Schleimhautdrüsen dieser Theile. Die Natur hat sich aber nie auf solche Hilfsmittel ausschließlich verlassen. Alle jene Drüsen können die reichlichsten Flüssigkeitsmengen während der Ruhe der angrenzenden Muskelmassen ausstoßen.

Hautoberfläche.

§. 869. **Hautabsonderung.** Die verhältnißmäßige Größe der Hautoberfläche wechselt im Laufe des Lebens in bedeutendem Grade. Wir haben schon §. 89 gesehen, daß die äußere Haut eines erwachsenen Menschen einen Flächenraum von ungefähr 1,5 bis 1,65 Quadratmeter einnimmt. 1 Kilogr. Körpergewicht entspricht dann 0,028 bis 0,022 und 1 Cubikdecimeter Körpervolumen 0,029 bis 0,023 Quadratmeter. Ein weiblicher Neugeborener, der 1,77 Kilogr. wog, und 1733 Cubikcentimeter Rauminhalt hatte, bot eine Hautoberfläche von 0,12 Quadratmeter dar. 1 Kilogr. Körpergewicht und 1 Cubikdecimeter Volumen führten daher zu 0,07 Hautfläche. Dieser beträchtliche Unterschied rührt nicht ausschließlich von der stärkeren Skelettentwickelung des Erwachsenen her.

Er hängt vielmehr offenbar damit zusammen, daß kleinere Körper verhältnißmäßig größere Oberflächen darzubieten pflegen.

Ursache der Schweißbildung.

§. 870. Wir haben schon §. 893 die Grundbedingung, unter welcher der Schweiß hervorbricht, kennen gelernt. Da die Haut des Menschen die umgebende Atmosphäre zu erwärmen pflegt, so können immer noch Wasserdämpfe, wenn selbst die Luft für ihren ursprünglichen Wärmegrad mit Dunst gesättigt ist, hervortreten (§. 191.). Der Schweiß erzeugt sich gewöhnlich auch dadurch, daß der Organismus selbst reichlichere Flüssigkeitsmengen ausscheidet. Eine stärkere Blutfüllung, der Wechsel der Porositätsverhältnisse der Hautgewebe oder beider Erscheinungen zusammen liegen dem Schwitzen in der Regel zum Grunde.

Spiraldrüsen der Haut.

§. 871. Viele Forscher haben angenommen, daß die schon Fig. 163, S. 278, abgebildeten Drüsen (Taf. IV. Fig. XLII. i. bis p.), die man auch oft Spiraldrüsen ihres korkzieherartig gedrehten Ausführungsganges wegen nennt, die Schweißbildung vermitteln. Man führt sie daher auch häufig genug als Schweißdrüsen ausschließlich auf. Man kann allerdings mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die tropfbar flüssige Aussonderung zu den freien Oeffnungen jener Drüsenröhren (Taf. IV. Fig. XLII. i.) leichter hervortreten, als die dichten Hautgewebe selbst durchdringen wird. Da wir jedoch oft genug an Stellen, an denen jene Schläuche gar nicht oder sparsamer vorkommen, schwitzen, so ergiebt sich, daß auch die Haut selbst als Austrittsweg benutzt wird.

Beschaffenheit des Schweißes.

§. 872. Der Schweiß gehört zu den verdünntesten Flüssigkeiten des menschlichen Körpers (§. 34.). Sein fester Rückstand beträgt nur ½ bis etwas über 1 %. Er enthält Kochsalz, Salmiak, Kalkphosphate, andere Salze und organische Stoffe. Oberhautblättchen (Taf. II. Fig. XXXII.) und Fettkörper bilden fremdartige Gemengtheile, die von der beigemischten Hautschmiere herrühren. Der saure Geruch, den manche Schweißarten in auffallendem Maaße darbieten, scheint theils von Essigsäure, theils von flüchtigen Fettsäuren (§. 848.) herzurühren.

Trockenwerden der schwitzenden Haut.

§. 873. Hört die Schweißerzeugung auf, so verdampfen nach und nach das Wasser und die übrigen verflüchtigbaren Verbindungen, die sich an der Oberfläche des Körpers angesammelt haben. Die anderen Stoffe dagegen schlagen sich in fester Form nieder. Man findet dann bisweilen einzelne mikroskopische Krystalle von Kochsalz (Taf. I. Fig. I.) oder von anderen Salzverbindungen auf und zwischen den losgeschilferten Oberhautblättchen (Taf. IV. Fig. LXII. c. i. a.).

Folgen der reichlichen Schweißbildung.

§. 874. Ein Mensch, der stark schwitzt, kann hierdurch so viel Wasser verlieren, daß sich die Nothwendigkeit des Ersatzes durch Durstgefühle verräth und die Menge des Harnes sichtlich abnimmt. Manche Krankheitserscheinungen weisen darauf hin, daß sich die Bedingungsglieder der Schweißbildung mit befriedigender Sicherheit noch nicht verfolgen lassen. Personen, die an Hautwassersucht leiden, pflegen eine trockene Haut darzubieten. Der Schweiß bildet den Schlußstein der Fieberanfälle. Reichliche Schweiße pflegen manche tödtliche Entartungen

der Hirnmasse der Kinder zu begleiten. Der Blutreichthum und die Wärme der Haut ändern sich oft nicht in gleichem Maaße mit diesen Wechselerscheinungen. Die kalten Schweiße von Menschen, die sich erbrechen oder in Ohnmacht fallen, können das Gleiche lehren. Man darf mit Recht vermuthen, daß die von dem Nervensysteme abhängigen Porositätsverhältnisse der organischen Scheidewände eine nicht unbedeutende Rolle in diesen Fällen übernehmen werden.

Fettabsonderung der Haut.

§. 875. Viele Hautstellen besitzen eigenthümliche Talgdrüsen, welche fettige Stoffe absondern. Die hierher gehörenden Ohrenschmalzdrüsen des äußeren Gehörganges sind nach dem Typus der Fig. 163, S. 278 abgebildeten Röhrendrüsen gebaut. Die in den Augenlidern enthaltenen Meibomischen Drüsen bilden Schläuche, die zahlreiche Seitenbläschen ihrer ganzen Länge nach führen (Taf. IV. Fig. LII.). Die vielen Drüschen dagegen, welche die Haare begleiten (Taf. IV. Fig. LXIII. h. k. i.), gehören zu den baumförmig verzweigten, mit rundlichen Endköpfchen versehenen Absonderungswerkzeugen. Sie ergießen ihren fettigen Inhalt in den Hohlraum, aus dem das Haar hervortritt (Taf. IV. Fig. LXIII. g.). Andere größere Talgdrüsen, wie sie an einzelnen Stellen des Gesichtes, z. B. in der Nachbarschaft der Nasenflügel und in den Schaamlefzen vorkommen, öffnen sich unmittelbar an der Hautoberfläche.

§. 876. Die Talgdrüsen der Haare liefern eine fettige Mischung, welche den Haarschaft des Haares (Taf. II. Fig. XXXIX., Taf IV. Fig. LXIII. c. d.) einölt, ihn geschmeidiger macht und glättet. Wir haben daher hier eine von der Natur selbst dargebotene Haarpomade. Der überschüssige Theil des Fettes und die fettige Absonderung der anderen Talgdrüsen vermischen sich mit den abgeschilferten Oberhautblättchen (Taf. II. Fig. XXXII.). Diese Mengung, deren Fett sich an der Luft leicht verändert, erzeugt die Hautschmiere der äußeren Haut und das Ohrenschmalz des Gehörganges. Die Talgmasse, die sich an der Eichelkrone vorfindet, rührt von den einfachen Fettdrüsen jener Gegend her.

Absonderungen der serösen Säcke.

§. 877. Seröse Absonderungen. Die Flüssigkeiten, welche in den geschlossenen serösen Säcken der Hirn- und Rückenmarkshäute, des Herzbeutels, des Lungenfells, des Bauchfells und der Scheidenhaut des Hodens vorkommen, gehören zunächst zu dieser Reihe von Ausschwitzungsmassen. Wir haben schon §. 850 die Gründe kennen gelernt, weshalb die Menge derselben unter regelrechten Verhältnissen beschränkt bleibt. Sie kann sich aber allerdings unter krankhaften Nebenbedingungen vergrößern. Wir erhalten auf diese Weise Hirn- und Rückenmarks-, Herzbeutel-, Brust- und Bauchwassersucht und den sogenannten Wasserbruch des Hodensackes.

Chemische Beschaffenheit der serösen Flüssigkeiten

§. 878. Die hier zu betrachtenden Mischungen pflegen dünnflüssige farblose oder höchstens schwach gelbliche Lösungen zu bilden. Es frägt sich sehr, ob sich nicht die Epithelialblättchen (Taf. II. Fig. XXXI.), die man in ihnen bisweilen antrifft, erst nach dem Tode losgeschilfert haben. Sie führen meist nur 1 bis 2 % festen Rückstandes, der Eiweiß und

andere organische Stoffe und nicht selten verhältnißmäßig viel Aschenbestandtheile zu enthalten pflegt. Der mechanische Nutzen dieser Flüssigkeiten ist schon §. 94 erläutert worden.

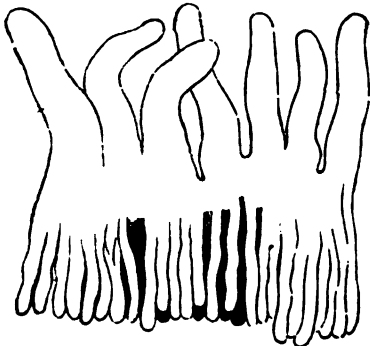
§. 879. Die wässerige Feuchtigkeit des Auges schließt sich den serösen Absonderungen zunächst an. Sie enthält ebenfalls weniger als 2 % fester Stoffe. Das mit etwas Weingeistextract vermischte Kochsalz beträgt hier ½ Mal mehr, als die organischen Verbindungen. Jenes herrscht in der den Glaskörper durchtränkenden Flüssigkeit noch mehr vor. Millon hat zuerst angegeben, daß die beiden genannten Flüssigkeiten des Auges Harnstoff enthalten. Wässerige Feuchtigkeit und Glasfeuchtigkeit.

§. 880. Schleimbildung. Es wurde schon §. 862 bemerkt, daß der Schleim aus keiner einfachen Absonderung hervorgeht. Eine dünnflüssige und salzreiche Ausschwitzung löst die nicht zu sehr verhornten Epithelialzellen auf. Ihre schleimigte Beschaffenheit rührt erst von dieser Nebenerscheinung her. Man findet daher sogenannte Schleimkörperchen (Taf. II. Fig. XXXI. d.), d. h. kernähnliche Gebilde und bisweilen vollständige oder halbangegriffene Zellen, sehr feine Körnchen und ähnliche Ueberreste als mechanische Gemengtheile. Die Contactwirkungen mancher Schleimarten hängen vermuthlich von diesen veränderlichen Gemengtheilen ab (§. 418.). Jene Thatsachen erklären es auch, weshalb eine dünnflüssige salzreiche Mischung aus der Nase fließt, wenn die Absonderung durch die Kälte der Luft oder in Folge des Schnupfens zu sehr beeilt wird. Natur des Schleimes.

§. 881. Die Beschaffenheit des Schleimes kann aus den angeführten Gründen in hohem Grade wechseln. Der gewöhnliche Nasenschleim führt 88 bis 94 % und der Lungenschleim ungefähr 95 % Wasser, während der reichlicher abgesonderte Magensaft 98 bis 99 % enthält. Die nachträglich aufgelösten Verbindungen bedingen es, daß die organischen Stoffe über die Aschenbestandtheile vorzuherrschen pflegen. Wechsel der Beschaffenheit des Schleimes.

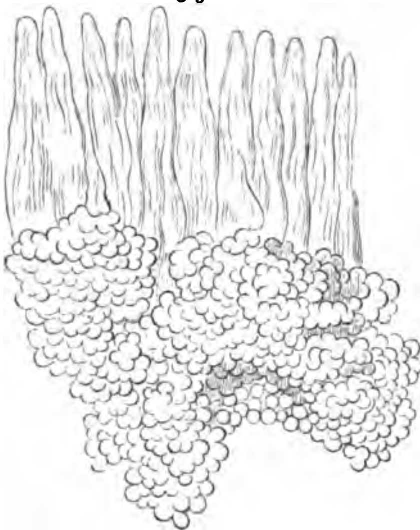
§. 882. Der Schleim erzeugt sich auf zweierlei Wegen, an freien Oberflächen oder in eigenen Schleimdrüsen. Die Letzteren können die absondernde Oberfläche einfach vergrößern oder besondere Säfte, die sich mit dem übrigen Schleime später vermischen, bereiten helfen. Die Lieberkühn'schen Drüsen, welche in der Schleimhaut der dünnen Gedärme auf das Dichteste gedrängt vorkommen, gehören wahrscheinlich zu der zuerst genannten Klasse von Absonderungswerkzeugen. Fig. 167 soll eine ungefähre schematische Darstellung der cylindrischeren Formen derselben nach Frerichs liefern. Die Lieberkühn'schen Röhrchen stehen unten beisammen, während die Darmzotten oben frei hervorragen. Entstehungsarten des Schleimes.

Fig. 167.



Man hat daher hier die beiden Typen der Oberflächenvergröße-rung, die Fig. 160, S. 277, schematisch dargestellt worden, neben einander. Die Brunn'schen Drüsen des Zwölffingerdarmes, deren Endträubchen in Fig. 168 in linearen Umrissen unten angedeutet sind, liefern wahrscheinlich eine eigenthümliche, von dem benachbarten Darmschleime abweichende Mischung.

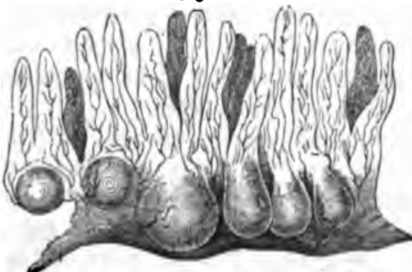
Fig. 168.



Geschlossene Bläschen.

§. 883. Die Bedeutung der geschlossenen Drüsenkapseln, die man in vielen Schleimhäuten in sehr unbeständiger Weise antrifft, ist noch nicht vollständig erforscht worden. Man findet sie hin und wieder in dem Magen, den dünnen und den dicken Gedärmen an den verschiedensten Orten zerstreut und nennt sie dann vereinzelte, solitäre, lenticuläre oder Linsendrüschen. Die Naboth'schen Eichen der Gebärmutterschleimhaut, auf die wir in der Zeugungslehre zurückkommen werden, gehören ebenfalls hieher. Die Peyer'schen Drüsenflecke bestehen aus Anhäufungen solcher Bläschen, wie es die in Fig. 169 unten eingezeichneten Kugeln anzudeuten suchen. Cylindrische Lieberkühn'sche Drüsen kommen in ihrem Umkreise vor. Die Saugadern des Darmes können nach Brücke von ihnen aus eingespritzt werden.

Fig. 169.



§. 884. Jedes vollkommen abgeschlossene Bläschen enthält eine schleimigte, meist alkalische Flüssigkeit, in der wiederum Zellen, Kerne und Körnchen als mechanische Gemengtheile vorkommen. Da sie in manchen Leichen in großer Menge, in anderen dagegen bei Weitem sparsamer erscheinen, so darf man vermuthen, daß ihre Zahl von gewissen, noch nicht näher bekannten Nebenverhältnissen abhängt. Sie schwinden wahrscheinlich, sei es, daß sie nach dem Tode platzen und ihren Inhalt ergießen, oder daß dieser im Leben auf dem Wege der Aufsaugung verloren geht.

Nutzen des Schleimes.

§. 885. Die verschiedenen Schleimarten nützen durch ihre mechanischen oder ihre chemischen Eigenschaften. Wir haben schon §. 80 gesehen, daß sie

die Reibungshindernisse in hohem Grade herabsetzen. Manche von ihnen können Luftblasen emulsionsartig binden (§. 493.) und eine schaumigte Beschaffenheit aus diesem Grunde annehmen. Andere, wie der Darmschleim, tragen zur feinen Vertheilung der Fette und der übrigen Nahrungsreste bei (§. 365.). Alle beschützen die Oberflächen, die sie auskleiden, vor den schädlichen Einwirkungen der sie berührenden Flüssigkeiten, wie der atmosphärischen Luft, der Galle, des Harnes oder des Menstrualblutes. Die chemische Beschaffenheit einzelner Schleimarten verleiht ihnen endlich die Fähigkeit der Contactwirkung.

§. 886. Die Gelenkschmiere oder die Synovia, die von den Gelenkhäuten geliefert und in den Gelenkhöhlen angesammelt wird, steht gewissermaaßen in der Mitte zwischen den serösen und den schleimigten Absonderungen. Sie bildet eine alkalische, farblose bis schwach gelbliche Mischung, deren Zähigkeit von Schleim nach Frerichs[30]) herrührt. Die sich auflösenden Epithelien bedingen hier wiederum die schleimigte Beschaffenheit (§. 862.), die mit der Häufigkeit der Bewegung nach jenem Forscher zunimmt. Die Synovia gewinnt daher in diesem letzteren Falle an Dichtigkeit. Die des Kniegelenkes eines Ochsen, der im Stalle gemästet worden, enthielt 97 % Wasser, während ein Thier, das den ganzen Sommer auf der Weide zugebracht hatte, 95 % lieferte. Schleim, Eiweiß und andere noch nicht näher bestimmte organische Stoffe, Fett, Kochsalz, schwefel- und phosphorsaure Alkalien, kohlensaurer Kalk und Erdphosphate können in der frischen Flüssigkeit und der Asche des festen Rückstandes nachgewiesen werden. Die mikroskopische Untersuchung lehrt, daß Epithelialreste die mechanischen Gemengtheile, wenigstens der nach dem Tode abgezapften Gelenkflüssigkeit darstellen. Die Fetttröpfchen, die man bisweilen bemerkt, scheinen erst durch die Verletzung hinzugekommen zu sein. Gelenkschmiere.

§. 887. Die Gelenkhäute selbst und nicht etwa gewisse, in ihnen eingebettete besondere Drüsengebilde bereiten die Synovialflüssigkeit. Die sogenannten Havers'schen Drüsen des Kniegelenkes z. B. sind bloße Fettanhäufungen, welche die Rolle von Polstern übernehmen (§. 71.). Man findet dagegen, daß einzelne freie Stellen der Synovialhaut jenes Gelenkes mit Zotten, welche eine desto größere Absonderungsfläche möglich machen, bekleidet werden. Oberflächen der Gelenkhäute.

Fig. 170.



§. 888. Manche Gelenkhäute, wie die des Schulter-, des Knie-, und ausnahmsweise auch des Hüftgelenkes verlängern sich nach außen hin in Nebensäcke oder in sogenannte Schleimbeutel. Füllt man das Knie mit einer erstarrenden Masse an, so erhält man nach Weber eine Anschauung, wie sie Fig. 170 darstellt. Ein Schleimbeutel *a* zieht sich unter der gemeinschaftlichen Sehne *b* der Unterschenkelstrecker, ein zweiter und ein dritter *c* und *d* neben der des Kniekehlmuskels hin. Die schleimigte Gelenkschmiere, Nebenbeutel der Gelenkhäute.

welche die Reibungscoefficienten herabsetzt (§. 80.), kann dann mit der Verschiedenheit der Stellungsverhältnisse in die Nebensäcke übertreten oder in die Gelenkhöhle zurückkehren (§. 96.).

Flüssigkeiten der Schleimbeutel und der Sehnenscheiden.

§. 889. Die abgeschlossenen Schleimbeutel und die Sehnenscheiden (§. 850.), die unter den Muskeln oder den Sehnen häufig vorkommen, führen eine der Gelenkschmiere ähnliche Flüssigkeit, deren Beschaffenheit und Entstehungsweise noch nicht näher untersucht worden. Wir haben hier wahrscheinlich ebenfalls eine seröse Flüssigkeit, die ihre klebrigen Eigenschaften erst nachträglich gewinnt (§. 880.).

Absonderung der Thränendrüse.

§. 890. **Thränenabsonderung.** Nehmen wir an, Fig. 171 stelle das linke Auge eines Menschen dar, so finden wir die aus einer oberen und einer unteren Abtheilung bestehende Thränendrüse *a* in dem vorderen, oberen und äußeren Theile der Augenhöhle. Sie gehört zu den baumförmig verzweigten, mit blasigen Endköpfchen versehenen Absonderungswerkzeugen (Fig. 164, S. 278.). Zarte Ausführungsgänge leiten ihre Flüssigkeit in den äußeren Augenwinkel. Sie gelangt hier in den Bindehautsack oder den schmalen Raum, der sich zwischen der Oberfläche des Auges *b c d* und den Augenliedern *e* und *f* hinzieht. Sie geht dabei aus doppeltem Grunde rasch weiter. Wie sich Wasser zwischen zwei dicht zusammengedrängten benetzten Glasplatten schnell ausbreitet, so kann auch die Thränenflüssigkeit in der Spalte des Bindehautsackes vordringen. Sie findet überdies hier eine schon von früher her angesammelte Mischung, mit der sie sich mit Leichtigkeit vereinigt.

Fig. 171.



Beimischungen der Thränenflüssigkeit.

§. 891. Eine Reihe anderer hier vorhandener Absonderungswerkzeuge liefert verschiedenartige Mischungen, die sich zu dem Erzeugnisse der Thränendrüse hinzugesellen. Die Bindehaut selbst, welche die Oberfläche der Hornhaut *b*, Fig. 171, der harten Haut *d* und die Innenseiten der Augenlider bekleidet, erzeugt eine flüssige Masse, die von den blutgefäßreicheren Theilen derselben und den sparsamern, in ihr enthaltenen Schleimdrüsen vorzugsweise ausgeht. Die in den Augenlidern eingebetteten **Meibomischen Drüsen** (Taf. IV. Fig. LII.) bereiten eine fettige Absonderung, die an den Rändern der Augendeckel hervortritt. Die in dem inneren Augenwinkel befindliche drüsigte Thränencarunkel *g*, Fig. 171, theilt wahrscheinlich eine neue schleimigte Mischung dem Ganzen mit.

Verdunstung der Thränen.

§. 892. Da die Flüssigkeit, die das Auge überzieht, frei zu Tage liegt, so wird hier eine gewisse Menge derselben nach Maaßgabe der äußeren Nebenverhältnisse abdampfen (§. 186 fgg.). Eine besondere Vorrichtung leitet dagegen den Ueberschuß nach der Nasenhöhle ab.

Ableitung der Thränen.

§. 893. Wenn wir den Rand des oberen oder des unteren Augenlides vor dem Spiegel umschlagen, so bemerken wir an ihm einen dunkelen Punkt, den sogenannten Thränenpunkt *h i*, Fig. 171. Er bildet die Oeffnung eines zarten Abführungsganges, des Thränenröhrchens. Beide Canäle, *k* und *l*, Fig. 171, münden in den Thränensack *m*, Fig. 171, der sich in den Thränengang *n* fortsetzt. Dieser öffnet sich endlich in die Nasenhöhle und zwar unter dem vorderen Theile der unteren Nasenmuschel.

§. 894. Die Thränen, deren Fortrücken wir durch oft wiederholtes Blinzeln befördern, dringen unter diesen Verhältnissen in die Thränenröhren (*k l*, Fig. 171.), den Thränensack (*m*) und den Thränengang (*n*), um in die Nasenhöhle abzufließen und sich mit dem dort vorhandenen Schleim zu vermischen. Die Flimmercylinder (Taf. II. Fig. XXXVI.), die wir auf der Oberfläche der Nasenschleimhaut antreffen, setzen sich in den Thränengang und den Thränensack fort. Sollte die durch sie erzeugte Strömung nach unten gerichtet sein, so könnte sie die Ableitung der Thränen unterstützen helfen.

Klappe des Thränenganges.

§. 895. Manche Forscher haben die Athembewegungen als ein Nebenmittel der Fortbeförderung angesehen. Der untere Ausgangstheil *o* des Thränenganges *n* besitzt nämlich bisweilen eine mehr oder minder vollständige Falte, die nach Art einer Klappe oder eines Ventiles zu wirken vermag. Sie läßt Flüssigkeiten ohne Hinderniß in die Nasenhöhle von dem Thränengange aus eintreten. Sie schließt sich dagegen, so wie Luft oder andere Körper den umgekehrten Weg einzuschlagen suchen. Man stellt sich daher vor, daß der die Einathmung begleitende Aspirationszug (§. 735 fgg.) den Uebergang der Thränen in die Nasenhöhle unterstützt, die Klappe dagegen das Vordringen von Luft oder Schleim während starker Ausathmungen unmöglich macht.

Regulation der Thränenanhäufung.

§. 896. Es ergiebt sich aus dem eben Dargestellten, daß ein mehr oder minder anhaltender Thränenstrom von dem äußeren nach dem inneren Augenwinkel durchgeleitet wird. Die Zu- und Abflußmengen entsprechen einander in ruhigen Zeiten, wenn man die Verdunstung (§. 892.) nicht in Anschlag bringt. Es wird daher nur das Auge feucht erhalten, ohne daß es in Thränen schwimmt oder den Ueberschuß zur Augenlidspalte hervortreten läßt. Da die Meibomischen Drüsen, welche die Augenbutter liefern, an dem Rande der Augendeckel münden, so hat man hier eine fettige Oberfläche, welche sich dem Vordringen wässeriger Flüssigkeit in einem gewissen, jedoch nicht beträchtlichem Grade entgegenstellen kann (§. 118.).

Thränenträufeln und Weinen.

§. 897. Die Thränen werden bisweilen in so reichlichem Maaße abgesondert, daß der nach der Nasenhöhle überführende Strom zur Ab-

leitung aller Flüssigkeit nicht ausreicht. Diese sammelt sich daher in dem Bindehautsacke übermäßig an. Sie stürzt zuletzt zur Augenlidspalte hervor. Das Thränenträufeln und das Weinen, welche so gewissermaaßen an das Schwitzen erinnern (§. 839.), führen zu dieser regelwidrigen Entleerungsweise.

Thränenfistel. §. 898. Die Thränenfistel bietet eine andere unnatürliche Ableitung dar. Ist der Thränengang *n o*, Fig. 171, S. 288, verstopft, so füllt sich der Thränensack mit immer mehr Flüssigkeit, zum Beweise, daß der Uebertritt von der Einathmung nicht ausschließlich bedingt wird. Es erzeugt sich endlich eine nach außen führende Fistelöffnung, deren Schluß von der fortwährend durchgehenden chemisch reizenden Thränenflüssigkeit gehindert wird. Gelingt es, den natürlichen Ausweg von Neuem herzustellen, so heilt auch die von den schädlichen Stoffen immer weniger belästigte Nebenöffnung nach und nach zu.

Beschaffenheit der Thränen. §. 899. Die Thränenmenge, welche den Bindehautsack in dem ruhenden Zustande befeuchtet, ist zu gering, als daß sie einer chemischen Einzeluntersuchung unterworfen werden könnte. Man hat daher nur die Flüssigkeiten, die bei dem Weinen oder dem durch ungewöhnliche Nebenbedingungen erregten Thränenfluß hervorströmen, zu physikalisch-chemischen Prüfungen benutzt. Es läßt sich erwarten, daß diese schneller bereitete und entleerte Mischung wasser- und salzreicher, hingegen schleimarmer, als unter gewöhnlichen Verhältnissen ausfallen wird (§. 864.).

Jene wässerigere Mischung führt nach Frerichs 98,7 bis 99 % Wasser. Sie enthält Epithelien und bisweilen auch Fettmassen und mechanische Gemengtheile. Die in ihr vorkommenden organischen Stoffe bestehen zum Theil aus eiweißartigen und schleimigten Körpern. Chlornatrium, phosphorsaure Alkalien und Erden lassen sich in der Asche nachweisen.

Gemengtheile der Thränen. §. 900. Die fremden Beimischungen können mehr, als der ursprüngliche feste Rückstand unter krankhaften Verhältnissen ausmachen. Ließ ich die Flüssigkeit, die aus dem erblindeten Auge eines Menschen anhaltend abfloß, einsammeln, so fand sich, daß die trübe Mischung 5,9 % Rückstand enthielt. Sie führte zahlreiche vollständige oder zum Theil zerstörte Epithelialblättchen, sehr kleine Fettmolecüle, krystallinische Gebilde, wahrscheinlich nämlich unorganische Salze, die sich erst bei dem Stehen niedergeschlagen hatten, und sehr kleine, ihrer Natur nach nicht näher bestimmbare Molecularkörperchen.

Krusten an den Augenlidern. §. 901. Die Krusten, die man nicht selten an dem inneren Augenwinkel, vorzüglich des Morgens antrifft, enthalten reichliche Mengen vollständiger oder zerstörter Epithelialblättchen, kleine Körnchen und Oeltropfen. Sie gleichen mithin in vieler Hinsicht dem Ohrenschmalze und der Hautschmiere (§. 875.). Der Augapfel ist so eingerichtet, daß ein von den Augendeckeln ausgehender Druck die in dem Bindehautsacke befindlichen Körper nach dem inneren Augenwinkel zu treiben sucht. Der Abzug der Thränen wird auf diese Weise von vorn herein begünstigt (§. 894.). Es

erklärt sich hieraus, weshalb ein in das Auge gefallenes Stäubchen zu dem inneren Augenwinkel nach einiger Zeit von selbst hervortritt. Man muß daher in solchen Fällen die Augenlider nach innen und nicht nach außen reiben. Jene Thatsache liefert zugleich einen Fingerzeig, weshalb die erwähnten Krusten vor allem an dem inneren Augenwinkel, seltener dagegen und sparsamer an den Augenlidrändern angetroffen werden.

§. 902. Es erklärt sich aus dem früher Dargestellten, warum das Auge selbst nach der Ausrottung der Thränendrüse feucht bleibt und die Zerstörung eines großen Theiles der Bindehaut die Thränenbereitung eben so wenig unterdrückt. Die Annahme, daß die wässerige Feuchtigkeit durch die Hornhaut in den Bindehautsack durchschwitzt, hat schon von theoretischer Seite wenig für sich. Die von Frerichs angestellten Filtrationsversuche sprechen eben so wenig für jene Vorstellungsweise. Gemischter Ursprung der Thränen.

§. 903. Speichelabsonderung. Eine Reihe größerer Drüsen liefert diejenigen Flüssigkeiten, die man mit dem Namen des Mund- und des Bauchspeichels bezeichnet. Jede der beiden Ohrspeicheldrüsen bildet eine ziemlich flache, hinten dickere Masse, die vor und unter dem Ohre liegt. Ihr Hauptausführungscanal, der Stenson'sche Gang, mündet an der Innenfläche der Wange, dem ersten bis zweiten oberen Backzahne gegenüber. Jede der zwei Unterkieferdrüsen, die sich nach innen und unten von dem Unterkiefer befinden, hat den Wharton'schen Gang als Ableitungsrohr. Er öffnet sich neben dem Zungenbändchen. Jede der zwei Unterzungendrüsen besitzt eine größere Menge von Abzugscanälen, die Rivini'schen Gänge, die ebenfalls unter der Zunge aufhören. Einige von ihnen verbinden sich bisweilen mit anderen der Unterkieferdrüse zu dem Bartholin'schen Gange. Die Lage der Zungenspitzendrüse ergiebt sich endlich unmittelbar aus der Benennung dieses Absonderungswerkzeuges. Die Bauchspeicheldrüse *pq*, Fig. 86, S. 141, setzt sich in den Wirsung'schen Gang, der in den absteigenden Theil des Zwölffingerdarmes *i* übertritt, fort. Speicheldrüsen.

§. 904. Legt man das Volumen der Unterzungendrüse als Einheit zum Grunde, so hat die Unterkieferdrüse 4, die Ohrspeicheldrüse 8 bis 9 und die Bauchspeicheldrüse 27 bis 28. Wir erhalten daher 27 für die Gesammtsumme der genannten paarigen Mundspeicheldrüsen oder noch etwas weniger, als die Bauchspeicheldrüse allein in Anspruch nimmt. Verhältnißgrößen der Speicheldrüsen.

§. 905. Wir haben schon §. 422 gesehen, daß das, was man im gewöhnlichen Leben Speichel nennt, von den Mundflüssigkeiten nicht ausschließlich herrührt. Es bildet vielmehr eine Mischung des reinen Speichels und derjenigen Flüssigkeit, welche die Mundschleimhaut und die verschiedenen in ihr eingebetteten Drüsen liefern. Reiner Mundspeichel.

§. 906. Die Thätigkeit dieser Werkzeuge wechselt in hohem Grade mit der Verschiedenheit der Nebenverhältnisse. Während die Speicheldrüsen wenig oder gar kein Secret im Ruhezustande abführen, quellen beträchtliche Flüssigkeitsmassen unter anderen Verhältnissen hervor. Die Erinnerung oder der Genuß angenehmer Speisen, das Kauen, das Taback- Wechsel der Speichelmenge.

rauchen, das Sprechen oder andere Bewegungen der Kiefer und der Zunge, der Kitzel des weichen Gaumens, die krankhafte Reizung einzelner Speicheldrüsen oder des größten Theiles der Mundschleimhaut regen die reichlichere Speichelentleerung in den meisten Fällen an. Die Menge des Schleimes pflegt dann ebenfalls, jedoch in geringerem Grade, zuzunehmen. Der Speichelfluß oder der Ptyalismus geht aus einer krankhaft vermehrten Ausscheidung der Mundflüssigkeiten hervor.

Speichelmenge.

§. 907. Es ist unter diesen Verhältnissen schwer zu bestimmen, wie viel von jenen Absonderungsmassen in 24 Stunden auszutreten pflegt. Bedenken wir überdieß, daß ein Theil der Mundflüssigkeiten im Wachen und vorzüglich im Schlafe unwillkührlich verschluckt wird, so ergiebt sich, daß alle Schätzungen, die man auf diesem Gebiete versucht, unbestimmt ausfallen müssen.

§. 908. Man nimmt im Allgemeinen an, daß ein erwachsener Mensch ungefähr 300 bis 400 Grm. Mundflüssigkeiten täglich bereitet. Mitscherlich, der einen mit einer Fistel des Stenson'schen Ganges behafteten Mann zu untersuchen Gelegenheit hatte, erhielt ungefähr 80 Grm. als das durchschnittliche Gewicht der Flüssigkeitsmenge, die zu jener regelwidrigen Oeffnung in 24 Stunden herausfloß. Nimmt man an, daß die Gesammtsumme der Mundspeicheldrüsen 3⅓ Mal so viel Absonderungsfläche, als die eine Parotis hat und daß sie sämmtlich gleichartig arbeiten, so erhielte man im Ganzen 267 Grm. Das Uebrige würde von der Zungenspitzendrüse und den Mundflüssigkeiten herrühren.

Jacubowitsch[31]) suchte sich der Lösung der Aufgabe dadurch zu nähern, daß er die Ausführungsgänge der einzelnen Speicheldrüsen in verschiedenen Hunden unterband und dann die Flüssigkeiten der Mundhöhle zu bestimmen sich bemühte. Die hier erhaltenen Werthe lieferten aber auch nur bedingte Ergebnisse, weil die Thiere krankhafte Verhältnisse des künstlichen Eingriffes wegen darboten, die Mundhöhle mit Essigsäure gereizt wurde und ein Theil durch Verdampfung und mit den Schlingbewegungen unzweifelhaft verloren ging. Die stündlichen Mengen betrugen hiernach 49,2 Grm. für die beiden Ohrspeicheldrüsen, 38,8 Grm. für die zwei Unterkieferdrüsen und 24,8 Grm. für die Augenhöhlen-, die Unterzungendrüsen und die Mundschleimhaut. Da hiernach 2,7 Kilogr. für 24 Stunden herauskommen würden, so folgt von selbst, daß die oben erwähnten, einander zum Theil entgegenwirkenden Störungen eine beträchtliche regelwidrige Vermehrung der abgesonderten Flüssigkeiten als Gesammtresultat bedingten.

Bestandtheile des Speichels.

§. 909. Wir haben schon §. 425 fgg. den Wassergehalt und einige der übrigen Bestandtheile der Mundflüssigkeiten kennen gelernt. Die Epithelien (Taf. II. Fig. XXXI.) und der Schleim pflegen mehr als ⅓ des festen Rückstandes in Anspruch zu nehmen. Dieser enthält überdies den noch nicht genügend bestimmten Speichelstoff, andere unbekanntere stickstoffreiche Verbindungen, Spuren von Fett und Rhodankalium, d. h. ein schwefelblausaures Salz außer den gewöhnlichen Salzen, wie Chlorkalium und Chlornatrium, phosphorsaure Alkalien und Erden nebst Eisenoxyd

Das Rhodankalium, das sich bei der Vermischung mit Eisensalzen durch die rothe Färbung verräth, beträgt höchstens $^1/_{100}$ % der frischen Flüssigkeit. Nimmt man an, daß ein Erwachsener 267 Grm. Speichel und Mundschleim in 24 Stunden bereitet, so entspricht dieses 27 Milligramm jener Blausäureverbindung. Das Rhodankalium zeigt sich daher in so geringer Quantität, daß von einer schädlichen Wirkung nicht die Rede sein kann.

§. 910. Der Speichelfluß (§. 906.), der seltener von selbst, häufig dagegen nach dem Gebrauche von Metallen, vorzugsweise von Quecksilber, entsteht, liefert nicht immer eine wasserreichere Mischung, als die gewöhnliche Mundflüssigkeit. Er führt häufig reichliche Schleimmassen und in manchen Fällen Eiweiß und selbst Harnstoff, wie Wright angiebt. Es glückt hin und wieder nach Gmelin, Quecksilber in der Speichelabsonderung von Kranken, die Mercurialkuren gebrauchen, nachzuweisen. Mehr als $^3/_4$ der Speichelsteine, die fast immer nur in den Gängen der Unterzungendrüse vorkommen, ist kohlensaurer und phosphorsaurer Kalk. Das Uebrige besteht aus der organischen Grundlage und geringen Mengen von alkalischen Salzen. Speichelfluß.

§. 911. Wie die Mundflüssigkeiten während des Speisegenusses in reichlicherem Maaße hervorquellen, so wiederholt sich etwas Aehnliches für den Bauchspeichel. Diejenigen Forscher, welche diese Flüssigkeit in lebenden Geschöpfen zu sammeln suchten, konnten nur zur Zeit der Dünndarmverdauung zum Ziele gelangen. Wir haben schon §. 461 gesehen, daß die Mischung dieser Absonderung mit der Verschiedenheit der Nebenverhältnisse, die den Eingriff begleiten, in hohem Grade wechselt, daß sie auch sonst zu Zersetzung sehr geneigt ist und ihre Verdauungswirkung dieser Eigenthümlichkeit zu einem großen Theile vermuthlich verdankt. Bauchspeichel.

§. 912. Hunde können die Ausrottung der Bauchspeicheldrüse ohne Nachtheil ertragen. Da Menschen, welche an durchgreifenden Entartungen dieses Absonderungswerkzeuges leiden, Jahre lang fortleben, so darf man mit Recht vermuthen, daß die Unthätigkeit des Pancreas (*p q*, Fig. 86, S. 141.) zu denjenigen Bedingungen, von welchen die längere Unterhaltung der Lebensthätigkeiten abhängt, nicht gehört. Es kommt bisweilen in solchen Kranken vor, daß sie größere Massen wässeriger Flüssigkeiten durch Erbrechen entleeren. Man hat diese für Bauchspeichel, der in den Magen zurückgeflossen, angesehen. Da die gereizten Mundspeicheldrüsen beträchtlichere Flüssigkeitsmengen bisweilen liefern, so sollte sich etwas Aehnliches für das Pancreas wiederholen. Jene Mischungen rühren aber wahrscheinlich von der Thätigkeit des Pancreas nicht her. Sie sind vermuthlich Speichelmassen, die wegen des gleichzeitig vorhandenen Magenreizes reichlicher austraten (§. 423.) und heruntergeschluckt wurden.

§. 913. Gallenabsonderung. Die Leber zeichnet sich nicht bloß durch ihren Umfang und die Dichtigkeit ihrer Masse, sondern auch durch die eigenthümliche Beziehungen, in denen sie zu dem Gefäßsysteme steht, aus. Wir haben §. 681 gesehen, daß sich die Blutadern des Magens, des Darmes, der Bauchspeicheldrüse und der Milz zur Pfort- Eigenthümlichkeiten der Leber.

ader verbinden. Diese verzweigt sich in dem Innern der Leber baumförmig, nimmt die Venen der Gallenblase und der Gallengänge auf, vereinigt sich mit den feinsten Verästelungen der dünneren Leberschlagader und erzeugt zuletzt die Haargefäße, welche in die Wurzeln der Leberblutadern übergehen.

§. 914. Hat man die Leberschlagader, die Pfortader und die Leberblutadern mit verschieden gefärbten Massen bis in ihre feineren Verzweigungen glücklich angefüllt, so bemerkt man an passenden, unter dem Mikroskope betrachteten Querschnitten, daß das Ganze aus einer Menge rundlicher, wechselseitig mehr oder minder getrennter Abtheilungen oder Körner besteht. Die Verzweigungen der Leberschlagader und der Leberblutader verlaufen in den Zwischenräumen von jenen. Eine Menge dünnster Gefäßstrahlen, die wiederum netzförmig unter einander zusammenfließen, streicht dann in der Masse des Kornes nach dem Mittelpunkte desselben. Ein gemeinsamer Gefäßstamm, der in dem Centrum hinabgeht, bildet zuletzt eine der vielen Wurzelanfänge der Leberblutadern, deren Endstämme in die untere Hohlvene (*l*, Fig. 137, S. 219.) einmünden. Da die Absonderung hier, wie in anderen Drüsen, von den feinsten Blutgefäßnetzen vorzugsweise ausgeht, so ergiebt sich von selbst, daß diese dunkelrothes Pfortaderblut großentheils führen. Die Capillaren anderer Drüsen dagegen empfangen hellrothes Blut von den ihnen angehörenden Schlagaderzweigen.

§. 915. Die Art und Weise, wie sich die letzten Enden der Gallengänge verhalten, hat zu vielen, noch nicht vollständig erledigten Streitigkeiten Veranlassung gegeben. Füllt man die Gallencanäle mit einer erstarrenden Einspritzungsmasse, die man von dem Lebergange aus eintreibt, so sieht man, daß sich die Drüsengänge gabelig theilen und in ihrem ferneren Verlaufe mit Querästen hin und wieder wechselseitig verbinden. Man bemerkt in einzelnen Körnern ein Netzwerk der gefärbten Masse, dessen Maschenräume leer erscheinen oder von feinsten Blutgefäßen durchzogen werden. Die Masse der frischen Leber dagegen zeigt vor Allem die regelmäßigen, bisweilen durch helle strahlige Zwischenräume gesonderten Anhäufungen der schon Fig. 166, S. 281, dargestellten Leberzellen. Manche Forscher, wie Baker, versetzen diese in das Innere einer structurlosen Mittelhaut der letzten Gallencanälchen. Die mikroskopische Untersuchung von Injectionspräparaten führte hingegen Gerlach[32]) zu dem Ergebnisse, daß die feineren Gallencanäle, nachdem sie die Leberkörner netzförmig umsponnen und Netze in das Innere derselben gesandt haben, in erweiterte wandungslose und zwischen den Leberzellen liegende Räume übergehen. Eine dritte Ansicht besteht endlich darin, daß die letzten Enden der Gallencanälchen, wie platte blinde Säckchen dicht beisammen liegen.

Galle. §. 916. Dasselbe Dunkel, welches den feineren anatomischen Verhältnissen der Leber anhaftet, kehrt auch für die meisten physiologischen Verhältnisse derselben wieder. Die Leber des Erwachsenen wiegt 1 bis

1,7 Kilogr. Nehmen wir 1312 Grm. als Mittelwerth der Leber und 20 Grm. als den einer Ohrspeicheldrüse an, so würde jene 66 Mal so schwer, als diese ausfallen. Sollten sich die Absonderungsmengen wie die Drüsengewichte verhalten, so müßte die Leber 5 Kilogr. Galle täglich liefern. Es hat nicht die geringste Wahrscheinlichkeit für sich, daß eine so beträchtliche Quantität bereitet wird. Da aber 1 C. C. des lockeren und mit weiteren Drüsengängen versehenen Gewebes der Ohrspeicheldrüse weniger Absonderungsfläche, als 1 C. C. Lebermasse einschließt, so folgt, daß die Galle durchschnittlich weit langsamer, als der Mundspeichel entsteht.

§. 917. Man hat sich mehrfach bemüht, die uns hier beschäftigende Frage durch Thierversuche zu lösen. Nasse und Platner fanden, daß ein Hund, dessen Körpergewicht zwischen 19 und 21 Pfund schwankte, 5 bis 6 Unzen Galle durch eine künstliche Gallenfistel täglich entleerte. Stackmann [33]) unterband den Gallenausführungsgang (*nr*, Fig. 172, S. 297.) lebender Katzen, setzte eine Canüle in die entleerte Gallenblase *l*, Fig. 172.) und sammelte die in gewissen Zeiteinheiten herausfließenden Gallenmengen. Führte er die sichereren Erfahrungen auf 1 Kilogr. Körpergewicht zurück, so ergab sich:

Nebenverhältnisse.	Gallenmenge in Grm. für 1 Kilogr. Körpergewicht. In Stunden ausgedrückte Zeit, die seit dem Anfange des Versuches verflossen ist.		
	Erste Stunde.	Zweite Stunde.	Dritte Stunde.
2½ bis 3 Stunden nach der Fütterung	0,56 bis 0,93	0,37 bis 0,73	0,22 bis 0,72
12 bis 15 Stunden nach dem Speisegenusse	0,82 » 1,30	0,77 » 0,89	0,65 » 0,84
24 Stunden nach dem Genusse von Nahrungsmitteln	0,36 » 0,62	0,26 » 0,56	0,16 » 0,57
Nach 48- bis 240stündigem Fasten	0,22 » 0,64	0,09 » 0,36	0,05 » 0,32

Man sieht hieraus, daß die Katzen die reichlichsten Gallenmengen 12 bis 15 Stunden nach der Fütterung zu liefern pflegten. Ließ man sie dagegen Tage lang hungern, so nahm die Aussonderung immer mehr ab. Die Verarbeitung der Nahrungsmittel und nicht bloß der durch die Körperthätigkeiten bedingte Umsatz des Blutes betheiligen sich also hier in merklicher Weise.

§. 918. Schlägt man die stündliche Mittelgröße der wie gewöhnlich ernährten Katzen zu 0,6 Grm. Galle für je 1 Kilogr. Körpergewicht an, so erhält man 14,4 Grm. für 24 Stunden. Die tägliche Gallenmenge würde hiernach ungefähr $^1/_{70}$ des Körpergewichtes ausmachen.

§. 919. Der Verhältnißwerth, den das Gewicht der Katzenleber darbietet, kann in hohem Grade schwanken. Es beträgt z. B. $1/_{11}$ oder $1/_{45}$ der Körpermasse in einzelnen Ausnahmsfällen. Die gewöhnlichen Durchschnittsgrößen pflegen aber zwischen $1/_{29}$ und $1/_{32}$ zu liegen. Die gesunde Leber des erwachsenen Menschen beträgt meist $1/_{33}$ bis $1/_{42}$ des Körpergewichts. Sie bildet daher eher einen kleineren, als einen größeren Bruchtheil des Ganzen. Lassen wir dieses und die nicht vergleichbaren Verhältnisse der Absonderungsflächen und der Blutvertheilung bei Seite und legen $1/_{70}$ für unseren Organismus ebenfalls zu Grunde, so würde ein Mensch, der 60 Kilogr. wiegt, im Durchschnitt 857 Grm. oder etwas weniger als 1 Kilogr. Galle in 24 Stunden aussondern. Nimmt man an, daß das mittlere Gewicht der Menschenleber 1312 Grm., ihre Eigenschwere 1,07 und daher ihr Volumen 1224 C. C. beträgt, so könnte 1 C. C. Lebermasse nur 0,7 Grm. Galle täglich liefern. Da aber 1 C. C. Ohrspeicheldrüse 4 Grm. Speichel bereitet, so mußte die Leber verhältnißmäßig 5 bis 6 Mal langsamer arbeiten.

Quellen der Gallenbereitung. §. 920. Der Stamm und die Aeste der Pfortader besitzen verhältnißmäßig bedeutende Durchmesser. Rechnet man nun noch die Verzweigungen der Leberschlagader hinzu, berücksichtigt man die so äußerst zahlreichen und dicht gedrängten Haargefäße und die weiten abführenden Blutadern der Lebermasse, so ergiebt sich, daß diese Drüse beträchtliche Blutmengen erhält. Sondert sie nun dessenungeachtet relativ wenig ab, so läßt sich erwarten, daß die Unterschiede zwischen dem einströmenden Pfortader- und dem austretenden Lebervenenblute sehr gering ausfallen, den gegenwärtigen Hilfsmitteln der Analyse so gut als gänzlich entgehen und durch die übrigen Nebenverhältnisse größtentheils verdeckt werden müssen.

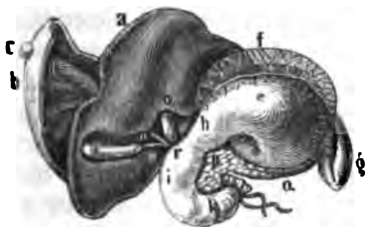
Pfortaderblut. §. 921. Der Wassergehalt des Pfortaderblutes schwankt nach Schultz, Simon und Schmid in bedeutendem Grade. Man findet es bald wässeriger, bald dichter, als die Blutmasse, die in der Halsschlagader, der Halsblutader oder den Leberblutadern enthalten ist. Es kann z. B. 18 bis 28 % festen Rückstandes liefern. Hungernde Pferde und Hunde pflegen ein wasserreicheres, stark gefütterte dagegen ein Pfortaderblut, das mehr feste Stoffe enthält, darzubieten. Es enthält bisweilen mehr Fett, Blutfarbestoff und Salze, dagegen weniger Faserstoff, als die übrigen Blutarten. Vergleicht man die Einzelzahlen, auf die sich diese Angaben stützen, so sieht man, daß die Unterschiede viel zu groß sind, als daß sie nur von der so langsamen Gallenabscheidung herrühren könnten. Die unvermeidlichen Fehler der noch so mangelhaften Blutanalysen, die Einflüsse, welche die Einsaugung der Speisen und Getränke ausüben, und andere Nebenverhältnisse führen hier zu tief greifenden Schwankungen, die man nicht ohne Weiteres als bloße Folgen der Leberthätigkeit betrachten darf.

Verhältniß der Galle zum Blute. §. 922. Diese Auffassungsweise lehrt zugleich, daß sich nur sehr schwer entscheiden lassen wird, ob die wesentlichsten Bestandtheile der

Galle im Blute vorgebildet sind oder nicht. Wir werden sehen, daß die Nieren viel rascher, als die Leber absondern. Der wesentlichste Körper des Urines, der Harnstoff, und wahrscheinlich auch die Harnsäure, finden sich dessenungeachtet im Blute in solchen Minimalquantitäten, daß der Nachweis derselben eine besondere Sorgfalt fodert. Da nun die tägliche Gallenmenge wahrscheinlicher Weise nicht größer, als die 24stündige Harnquantität ausfällt und mehr Blut durch die Leber, als durch beide Nieren zu strömen scheint, so ergiebt sich, daß es sich hier in mancher Beziehung um Spuren, welche der chemischen Analyse noch lange entgehen dürften, handeln wird. Dieses gilt vorzugsweise von den bald zu erwähnenden Hauptkörpern der Galle. Gewisse Nebenbestandtheile, wie das Gallenfett und wahrscheinlich auch der sogenannte Gallenfarbestoff, lassen sich schon jetzt im Blute nachweisen. Diese werden aber auch in anderen Flüssigkeiten des Körpers angetroffen.

§. 923. Die aus den Gallencanälen herabkommende Galle kann in den Gallenausführungsgang *r*, Fig. 172, von dem Lebergange *n* aus unmittelbar abfließen oder in die Gallenblase *l* durch Vermittelung des Gallenblasenganges *m* angesammelt werden. Die einfachen Muskelfasern der Gallenblase, die übrigens in manchen Säugethieren, wie dem Rinde, stärker, als im Menschen hervortreten, werden später die angehäufte Galle nach dem Gallenblasengange *m*, dem Gallengange *r* und dem Zwölffingerdarm *ik* übertreiben. Die zahlreichen Falten, die auf dieser Zwischenbahn angebracht sind, bedingen es wahrscheinlich, daß auch diese Fortbewegung langsamer von Statten geht. Ausfuhr der Galle.

Fig. 172.



§. 924. Die in dem Lebergange *n*, Fig. 172, enthaltene Galle besitzt schon eine gewisse schleimigte Beschaffenheit. Es muß vorläufig dahingestellt bleiben, ob diese Eigenschaft in den feineren Gallencanälchen vorhanden oder von der Absonderung der in den Wänden der größeren Gallengänge vorkommenden Röhrchen, auf welche Theile aufmerksam machte, herrührt. Die Dichtigkeit und die schleimigte Beschaffenheit vergrößern sich aber mit dem Aufenthalte in dem Innern der Gallenblase. Es können hierbei chemische Umsatzerscheinungen eingeleitet werden. Veränderungen der Galle in der Gallenblase.

§. 925. Wir haben schon §. 467 die Schwierigkeiten, welche der chemischen Analyse der Galle entgegenstehen, kennen gelernt. Berzelius und Mulder nehmen an, daß ein indifferenter organischer Stoff, das Bilin, den wesentlichsten Bestandtheil der Galle ausmacht, Liebig und dessen Schüler dagegen, daß gewisse eigenthümliche stickstoffhaltige saure Verbindungen zu Fettsalzen mit Natron vereinigt sind. Diese Bestandtheile der Galle.

zweite Ansicht führt daher zu der Folgerung, daß die Galle ihrem Wesen nach mit einer Seife übereinstimmt. Die Jatrochemiker des siebzehnten Jahrhunderts hatten schon eine ähnliche Vorstellung geltend zu machen gesucht.

§. 926. Die Frage, ob nur eine einzige Säurenart, die Gallensäure, oder mehrere die Seifenverbindung herstellen, ist ebenfalls verschieden beantwortet worden. Hält man sich an die neueren Untersuchungen von Strecker, so würde ein Gemenge von zwei Natronverbindungen in der Galle vorkommen, eine der Cholsäure und eine zweite der Choleinsäure. Die Cholsäure enthält 67,1 % Kohlenstoff, 9,3 % Wasserstoff, 3,0 % Stickstoff und 20,6 % Sauerstoff. Ihr Aequivalentenverhältniß (§. 279.) ist $C_{52} H_{43} N_1 O_{12}$. Wird sie mit Alkalien gekocht, so verwandelt sie sich in Cholalsäure ($C_4 H_3 N_1 O_2$), die mit 2 Atomen Wasser Glycocoll oder Leimzucker (§. 319.) giebt. Die Choleinsäure, deren hypothetische Formel $C_{52} H_{45} N_1 O_{14} S_2$ ist, zerfällt bei ihrer Zersetzung in Ammoniak, Taurin (§. 320.) und eine harzartige Masse. Ihr Schwefelgehalt rührt wahrscheinlich von dem Taurin her, das Redtenbacher als ein saures schwefeligsaures Aldehyd-Ammoniak betrachtet. Das Dyslysin, welches sich auch im Laufe des Nahrungscanales niederschlägt (§. 472.), kann durch anhaltendes Kochen der Cholsäure in verdünnter Salzsäure erhalten werden.

Gallensteine. §. 927. Dichte Absätze oder Gallensteine kommen in den Gallenwegen und zwar vorzugsweise in der Gallenblase häufig vor. Diese kann mehrere Hundert und selbst einige Tausend solcher Concremente enthalten. Es ereignet sich in den seltensten Ausnahmsfällen, daß sie aus kohlensaurer und phosphorsaurer Kalkerde bestehen. Sie führen in der Regel Gallenfett, Gallenfarbestoff, Margarin und margarinsaure Verbindungen. Wenn diese weicheren Steine in der Gallenblase eng zusammengedrängt liegen, so erhalten sie oft einzelne ebenere Oberflächen, indem sie sich bei ihren Verschiebungen wechselseitig abschleifen. Man findet aber in manchen Fällen, daß solche aus Gallenfett bestehende Gallensteine vollständige Krystalldrusen bilden. Taf. I. Fig. XVI. zeigt ein Concrement der Art, zwei bis drei Mal vergrößert. Viele Bezoare, die man für Gallensteine der Antilopen ansieht, bestehen aus Lithofellinsäure oder aus Bezoarsäure, andere dagegen aus phosphorsaurer Kalkerde und phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia.

Zweck der Galle. §. 928. Wir haben schon §. 467 fgg. das, was man für jetzt über die Beziehungen der Galle zur Verdauungsthätigkeit weiß, kennen gelernt. Da gewisse schwer lösliche Zersetzungsproducte derselben mit den Kothmassen davongehen, so folgt, daß diese Absonderung zu den Ausscheidungserzeugnissen wenigstens theilweise gehört. Man hat schon seit langer Zeit angenommen, daß die Gallenbereitung ein nothwendiges Reinigungsmittel der Blutmasse bildet. Einzelne Forscher gingen von der Ansicht aus, daß die ältesten Blutkörperchen in der Leber des Erwachsenen aufgelöst und zur Gallenbildung theilweise oder gänzlich ver-

wendet werden. Es fehlt aber noch an allen sicheren, diese Ansicht erhärtenden Nachweisen. Hunde, in denen Gallenfisteln angelegt worden, können Monate lang fortleben. Sie gehen aber zuletzt an Inanitionserscheinungen (§. 361.) zu Grunde. Die Unthätigkeit der Leber macht zwar die Fortdauer des Lebens unmöglich. Dieser schädliche Einfluß greift aber nur allmählig durch, so daß die Folgen der Gallenabsonderung oder des natürlichen Ergusses dieser Flüssigkeit in den Darm ihre tiefere Bedeutung erst durch die allmählige Integration vieler Differentialwirkungen gewinnen können.

Zuckergehalt der Leber.

§. 929. Das Blut und die Leber des Menschen, der Säugethiere, der Vögel und der Reptilien enthalten nach Bernard nicht unbedeutende Mengen von Traubenzucker. Dieser soll in jener Drüse selbst und zwar unabhängig von aller Stärkenahrung (§. 304.) erzeugt werden. Die Zuckerbildung hört aber nach der Trennung des herumschweifenden Nerven nach den Angaben jenes Forschers auf.

Ursache der Harnbereitung.

§. 930. Harnabsonderung. — Die Harnbereitung der Nieren verfolgt zweierlei Hauptzwecke. Sie entzieht dem Blute gewisse überschüssige Wassermengen und manche lösliche Aschenbestandtheile. Sie führt aber zugleich die zur Entleerung bestimmten Stickstoffmassen, die auf keinem anderen Wege davongehen können, aus. Der Urin bildet im Ganzen das Spühlwasser, das den Körper verläßt und ihn von einer Reihe von Verbindungen, die mit den Nahrungsmitteln eingebracht oder durch die Thätigkeiten der Organe unbrauchbar geworden, zu befreien sucht.

Wasserausziehung der Nieren.

§. 931. Obgleich die Muskelbewegung manche Stoffe, die im Harne davongehen, wahrscheinlicher Weise erzeugt, so führt sie doch nicht unmittelbar zu einem stärkeren Bedürfniß der Urinentleerung. Dasselbe gilt von dem Genusse stickstoffreicher Nahrungsmittel, welche ähnliche Erfolge in mancher Beziehung nach sich ziehen. Haben wir hingegen beträchtliche Massen wässeriger Speisen oder größere Mengen von Getränken in den Magen eingeführt, so füllt sich die Harnblase binnen Kurzem an. Es ist also vorzugsweise das Wasser, das sich wiederum rasch in den Nieren absetzt.

Wechsel der Nierenthätigkeit.

§. 932. Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß die Thätigkeit der Harnwerkzeuge mit der Verschiedenheit der Nebenverhältnisse in hohem Grade wechseln muß. Hat das Blut viel Wasser aufgenommen, so werden auch unverhältnißmäßig größere Mengen, als in ruhigen Zeiten durchschwitzen. Dieser Umstand und die Schwankungen der Hautthätigkeit (§. 835.) machen sich sogar für die täglichen Gesammtmassen geltend. Wir finden, daß bisweilen derselbe Mensch den einen Tag weniger als 1 und den zweiten mehr als 2 Kilogr. Harn ausführt.

Durchschnittliche Harnmenge.

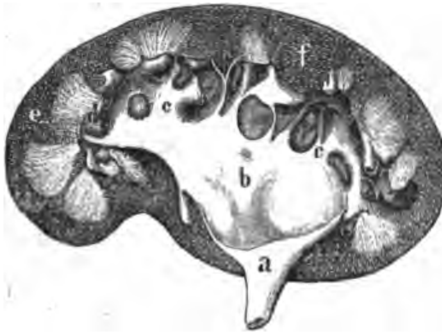
§. 933. Lassen wir diese Wechselerscheinungen unberücksichtigt, so kann man annehmen, daß ein Erwachsener mittlerer Größe ungefähr 1 bis $1\frac{1}{2}$ Kilogr. Urin in 24 Stunden zu liefern pflegt. Die Flüssigkeitsmasse, welche auf diesem Wege frei heraustritt, ist zwar etwas klei=

ner, als die, welche die Nieren ursprünglich geliefert haben, weil sich der Urin während des längeren Aufenthaltes in der Harnblase in geringem Maaße zu verdichten pflegt. Dieser Umstand greift aber nicht so tief durch, daß die von ihm herrührenden Unterschiede die oben erwähnten Schwankungen wesentlich ändern. Nimmt man an, daß das mittlere Volumen beider Nieren 270 C. C. beträgt, so würde jeder Cubikcentimeter ungefähr 4,6 Grm. täglich liefern. Wir hätten daher etwas mehr, als für die Ohrspeicheldrüse (§. 919.), und einen beträchtlichen Ueberschuß der Leber gegenüber.

Bau der Niere.

§. 934. Hat man die Niere des Menschen der Länge nach in der Mitte aufgeschnitten, so findet man, daß die sogenannte Rindenmasse *f*, Fig. 173, eine dunkelere braunröthliche und die Marksubstanz *e* eine hellere weiße Farbe darbietet. Beide enthalten Harncanälchen, d. h. die röhrigen Drüsengänge der Niere. Diese verlaufen aber mehr oder minder gestreckt in der Markmasse, während sie sich in der Rinde auf das Mannigfachste winden und verknäueln. Die gestreckten Harncanälchen öffnen sich an den freien Oberflächen eigenthümlicher Erhabenheiten, der Nierenwarzen *d*, Fig. 173. Die Nierenkelche sind die zwischen ihnen übrig bleibenden zum Theil mit einer weißen Haut ausgekleideten Räume *c*, Fig. 173. Sie gehen in einen gemeinsamen Behälter, das Nierenbecken *b*, der sich in den Harnleiter *a* verlängert, über. Der Letztere mündet endlich in die Harnblase, in der sich der Urin, bevor er aus dem Körper tritt, ansammelt.

Fig. 173.

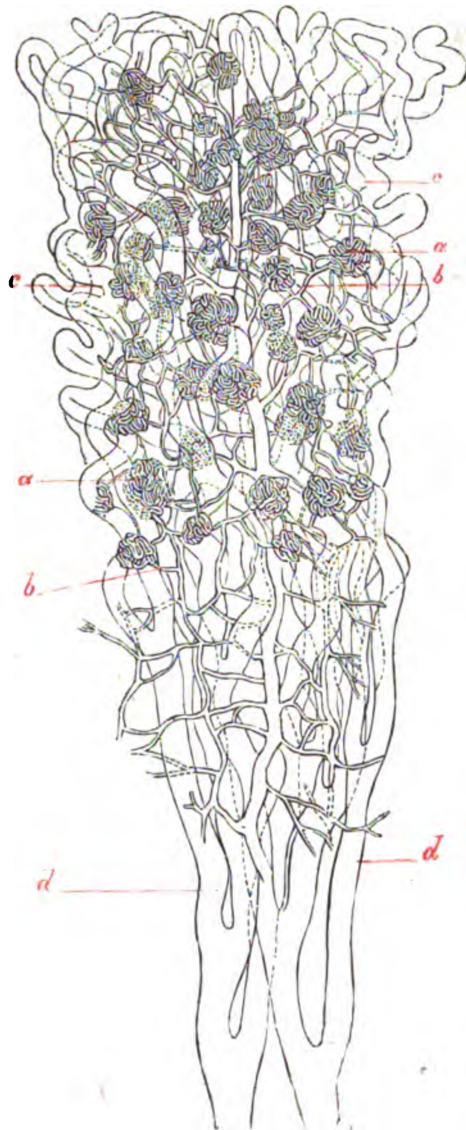


§. 935. Eine starke aus der Aorta nahebei rechtwinkelig abgehende Arterie, die Nierenschlagader, verzweigt sich in dem Innern der Nierenmasse. Sind ihre Aeste bis zu einer gewissen Feinheit gelangt, so bilden sie eigenthümliche Gefäßknäuel, die Malpighi'schen Körperchen (Taf. V. Fig. LXVI. a.). Die aus ihnen hervorkommenden Schlagaderzweige treten in das Haargefäßnetz, welches die gewundenen Harncanälchen umspinnt, über. Die Blutadern der Niere sammeln sich zu einem großen Venenstamme, der sich in die untere Hohlvene ergießt.

Fig. 174 zeigt einen Abschnitt der Nierenmasse unter mäßig starker Vergrößerung. *a* sind die eben erwähnten Malpighi'schen Gefäßknäuel, *b* die feinen Schlagaderzweige, aus denen sie entstehen, *c* die

gewundenen und *d* die gestreckten Harncanälchen. Man sieht zugleich, daß die Letzteren gabelige Theilungen hin und wieder darbieten.

Fig. 174.

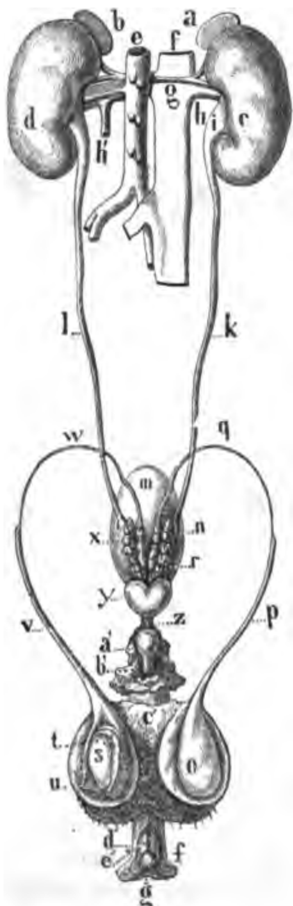


§. 936. Eine eigene Kapsel, die Müller'sche Kapsel (Taf. V. Fig. LXVI. b. c. d.) umgiebt einen jeden Malpighi'schen Gefäßknäuel. Sie bildet das blinde erweiterte Ende eines Harncanälchens (Taf. V.

Fig. LXVI. e.) nach einigen Forschern, oder eine seitliche Erweiterung desselben nach Anderen. Feine Flimmerhaare (Taf. II. Fig. XXXVI.) unterhalten häufig eine lebhafte Strömung in einer größeren oder geringeren Strecke der Innenfläche der Kapsel. Man kann sie bisweilen gar nicht und in manchen Fällen nur in dem Uebergangsbezirke zu dem benachbarten Harncanälchen erkennen.

§. 937. Der Nutzen dieser eigenthümlichen Einrichtung läßt sich mit Sicherheit noch nicht bestimmen. Da die Windungen neue Widerstände bereiten (§. 103.), so wird das Blut die Gefäßknäuel langsamer durchsetzen und auf die Gefäßwände derselben stärker drücken. Es könnte deshalb eine dichtere, mit eigenen Stoffen versehene Lösung durchschwitzen und eine verhältnißmäßig wasserreichere Blutmasse nach den Haargefäßen, welche die Harncanälchen umstricken, weiter gehen. Diese Hypothese giebt aber immer noch keinen klaren Begriff, weshalb der Harn das Wasser und die in ihm löslichen Stoffe, so wie die eigenthümlichen Verbindungen des Harnstoffes, der Harnsäure und der Hippursäure (§. 321.) vorzugsweise aufnimmt.

Fig. 175.



Ansammlung des Harnes in der Blase.

§. 938. Der in den gewundenen Harncanälchen (*c*, Fig. 174, S. 301) bereitete Urin rückt von da in die gestreckten (*d*) fort. Er tritt zu den Ausgangsöffnungen der Letzteren, die sich an den Nierenwarzen (*d*, Fig. 173, S. 300) befinden, hervor. Die Flüssigkeit gelangt dann in die Nierenkelche (*c*, Fig. 173.) und das Nierenbecken (*b*), um endlich in die Blase (*m*, Fig. 175) durch den Harnleiter (*kl*) zu kommen. Alle diese Theile besitzen einfache Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LIX.), deren Verkürzung den Urin weiter treiben kann. Künstliche Reize, die den Harnleiter oder die Nerven desselben in frisch getödteten Thieren treffen, führen oft genug zu Wurmbewegungen jenes Rohres, *kl*, Fig. 175, die von der Niere *cd* nach der Harnblase *m* gerichtet sind. Diese sammelt dann

Tropfen für Tropfen und dehnt sich nach Maaßgabe ihrer Inhaltszunahme allmählig aus.

Vorfall der umgestülpten Harnblase.

§. 939. Eine eigenthümliche, selten vorkommende Mißbildung, der Vorfall der umgestülpten Harnblase, liefert die Gelegenheit, den Austritt der einzelnen Harntropfen aus dem Harnleiter unmittelbar wahrzunehmen. Die Symphyse der Schaambeine (unter *k*, Fig. 146, S. 241.) und die Vorderwand der Harnblase fehlen in dieser Mißbildung. Die hintere Abtheilung derselben liegt als eine röthliche unebene und mit Schleim überzogene Masse frei zu Tage. Man sieht dann, daß sich die Mündungen der Harnleiter von Zeit zu Zeit öffnen, um einen Flüssigkeitstropfen hervorzulassen. Die Thätigkeit des rechten Harnleiters greift dabei nicht selten in anderen Augenblicken, als die des linken durch.

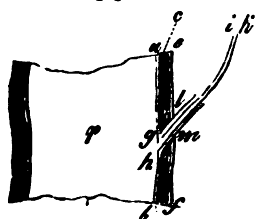
Druck des Inhaltes des Harnleiters.

§. 940. Ein Blutkraftmesser, den Ludwig und Loebell [34]) in den Harnleiter eines Hundes eingebracht hatten, zeigte zweierlei Hauptarten von Druckschwankungen. Die eine rührte von den Wurmbewegungen des Harnleiters her. Die augenblickliche Hebung überschritt dann nur selten 100 Mm. Quecksilber. Die zweite dagegen, die beständiger zum Vorschein kam, glich einer positiven Druckkraft von 7—10 Mm. Man kann hieraus nicht schließen, daß diese beiderseitigen Grenzwerthe dem Spannungswechsel, unter dem der Urin in die Anfänge der Harncanälchen übertritt, wahrhaft entspricht, weil geringe anhaltende oder von Zeit zu Zeit durchgreifende Verkürzungen des Harnleiters und selbst vielleicht des Nierenbeckens und der Nierenkelche mitzuwirken im Stande sind. Der ursprüngliche Druckwerth fällt aber vermuthlich höchstens eben so groß, als jene Zahlen angeben, aus.

Harnentleerung.

§. 941. Die Oeffnung des unteren Ausganges der Harnblase (über *z*, Fig. 175) bildet die nächste Vorbereitung zur Urinentleerung. Der mit quergestreiften Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LIV.) versehene Zusammenschnürer der häutigen Harnröhre (*z*, Fig. 175) giebt wahrscheinlich hierzu den ersten Anstoß. Die Erschlaffung des über *z*, Fig. 175, angebrachten Blasenschließers folgt später nach. Die verschiedenartigen Bündel einfacher Muskelfasern des Grundes und des Körpers der Harnblase *mn* drücken den Behälter zusammen, so daß der Urin durch die Harnröhre *z a' b'*, wie durch die Canüle einer Spritze hervorgetrieben wird. Die Einsenkungsweise der Harnleiter (*n*, Fig. 175) verhütet hierbei, daß die Masse unpassend zurücktritt. Denkt man sich nämlich, *ghik*, Fig. 176, sei der unterste Theil des Ureters, so verläuft er eine Strecke weit zwischen den Muskelbündeln *no* der Harnblase, ehe er in den Hohlraum derselben einmündet. Ziehen sich jene zusammen, so verschließen sie zugleich den Endabschnitt *ghml* des Harnleiters.

Fig. 176.



§. 942. Da der Mann eine längere und schmalere Harnröhre (*z* bis *f'*, Fig. 175), als die Frau besitzt, so werden auch die Breite, die Gesammtform und die Geschwindigkeit des Urinstrahles in beiden Geschlechtern abweichen. Man findet dagegen in ihnen ohne Unterschied, daß die Bauchpresse (§. 393.) vorzüglich in schwierigeren Fällen zu Hilfe gezogen wird.

Regelwidriger Austritt des Harnes.

Ist der Ausgang, der in die Harnröhre überführt, verschlossen, so sammeln sich immer größere Urinmassen in der Harnblase an. Diese kann sich dabei so sehr ausdehnen, daß ihr Grund (über *m*, Fig. 175, S. 302) bis über die Nabelgegend emporgeht oder von *v* bis über *x*, (Fig. 9, S. 35) getrieben wird. Der Behälter berstet endlich an irgend einer Stelle und zwar meist unten, wo ihn das Bauchfell nicht mehr bekleidet (vgl. Fig. 9, S. 35). Der Harn ergießt sich in das benachbarte Zellgewebe. Der Hodensack und das männliche Glied können in solchen Fällen beträchtlich anschwellen. Entzündung, Brand und der Tod folgen dann in Kurzem nach.

Es kommt in seltenen Fällen vor, daß die Natur einen anderen minder gefährlichen Ausweg sucht. Ein hohler Gang, der Harnstrang (*d*, Fig. 137, S. 219), läuft im Embryo von dem Grunde der Harnblase nach dem Nabel und von da in den Eihäuten weiter fort. Er verwandelt sich später in ein festes Band. Es ereignete sich nun in einzelnen Fällen von Harnverhaltung, daß sich der Ueberrest des früheren Harnstranges oder das Nabelband der Blase von Neuem öffnete und der Urin zum Nabel (𝔱, Fig. 9, S. 35) frei herausquoll.

Veränderung des Harnes in der Harnblase.

§. 943. Der Harn wird wahrscheinlich in der Harnblase dichter und schleimigter. Da alle bis jetzt vorliegenden quantitativen Urinanalysen an dem gelassenen Harn angestellt wurden, so muß dieser Umstand in der Beurtheilung der Zahlenwerthe berücksichtigt werden.

Dichtigkeit des Harnes.

§. 944. Die Eigenschwere des Harnes kann zwischen 1,004 und 1,050 schwanken. 1,015 bis 1,019 scheinen die gewöhnlichen Durchschnittswerthe zu bilden. Die Wassermengen liegen zwischen 92 und 99 %. Da viele wasserhaltige Körper im Laufe des Tages in den Nahrungscanal eingeführt werden, so fällt dann auch der Harn, vorzüglich der, den man nach dem Trinken läßt (Urina potus), wässeriger als der, welcher früh Morgens nach dem Aufstehen abgeht (Urina sanguinis), aus. Der, welcher zur Zeit der Verdauung fester Speisen entleert wird (Urina chyli), pflegt in dieser Hinsicht zwischen jenen beiden zu stehen. Weder die Eigenschwere, noch der Wassergehalt erlauben ein Urtheil über die Beschaffenheit des festen Rückstandes, weil die einzelnen Bestandtheile des letzteren in hohem Grade wechseln.

Wassergehalt des Harnes.

§. 945. Der Urin kann unter den gewöhnlichen Verhältnissen mehr Wasser, als die Lungen- und die Hautausdünstung abführen. Wir haben §. 836 gesehen, daß diese etwas weniger als 1154 Grm. aus meinem Körper täglich entfernte. Die durchschnittliche 24stündige Harnmenge glich dann aber 1447 Grm. Schlagen wir den Wassergehalt zu 94,6 % an,

so haben wir 1369 Grm. Wasser. Es versteht sich von selbst, daß eine nur mäßige Erhöhung der Ausdünstung zu dem umgekehrten Verhältnisse überzuführen vermag. Barral giebt auf diese Weise 1142 bis 1288 Grm. Wasser für die 24stündige Ausdünstung und nur 978 bis 1172 Grm. für den Harn seines eigenen Körpers an.

Kohlensäure des Harnes.

§. 946. Der frische Harn des Menschen und der Säugethiere entbindet eine gewisse Menge von Kohlensäure, so wie er mit der Luft in Berührung kommt. Die näheren Verhältnisse dieses Gasaustausches müssen genauer untersucht werden. Der faulende Harn enthält häufig kohlensaures oder freies Ammoniak, und zwar aus Gründen, die wir §. 327 kennen gelernt haben.

Mischung des Harnes.

§. 947. Der von der Harnblase herrührende Schleim (§. 880.) und einzelne Epithelialbruchstücke (Taf. II. Fig. XXXI.) sind dem Urine mechanisch beigemengt. Man kann überdies Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure (§. 521.), Kreatin (§. 321.), kleesaure, kohlensaure, phosphorsaure und schwefelsaure Salze, Schwefel- und Chlormetalle, Kieselsäure, Eisen und Mangan aus dem Filtrate, dem eingedickten Rückstand und der Asche desselben darstellen. Ein Farbestoff, eigene noch nicht näher bekannte und wahrscheinlich wechselnde Körpergemenge, die man unter dem Namen der Extractivstoffe zusammenfaßt, und bisweilen auch Fluorverbindungen kommen überdies noch hinzu. Blut, Eiter, Samen und Bruchstücke verschiedenartiger Gewebtheile bilden krankhafte mechanische Beimischungen, und Zucker, Buttersäure, Eiweiß und ungewöhnliche Farbestoffe (Harnroth, Harnblau) regelwidrige chemische Bestandtheile. Die verschiedensten Körper können übrigens in Folge der Nahrungsaufnahme im Urine wiederkehren.

Durchschnittliche Zusammensetzung des Urins.

§. 948. Die procentige Zusammensetzung des Harnes wechselt unter diesen Verhältnissen in so bedeutendem Grade, daß von sicheren Mittelwerthen aller einzelnen Verbindungen kaum gesprochen werden kann. Man besitzt keine ganz vollständige Harnanalysen, welche dem neuesten Standpunkte der Wissenschaft entsprechen. Wir wollen daher nur ein älteres Beispiel der Vollständigkeit wegen anführen. Lehmann fand in dem Menschenharn: 93,20 % Wasser, 3,29 % Harnstoff, 0,11 Harnsäure, 0,15 freie Milchsäure (Kreatin nebst anderen Stoffen), 1,15 Extractivstoffe, 0,01 Harnblasenschleim, 0,73 schwefelsaures Kali und Natron, 0,40 phosphorsaures Natron und saures phosphorsaures Ammoniak, 0,37 Chlornatrium und Chlorammonium, 0,11 phosphorsaure Kalk- und Talkerde und 0,17 milchsaure Salze.

Harnstoff.

§. 949. Ein Theil des Harnstoffes rührt davon her, daß die Elemente dieser Verbindung durch die gewöhnlichen Lebensthätigkeiten, und zwar vorzugsweise durch die Arbeit der Bewegungswerkzeuge gebildet und als ferner unbrauchbar aus dem Blute in den Urin abgeschieden werden. Ein zweiter dagegen stammt aus dem Umsatze der verdauten stickstoffhaltigen Nahrungsmittel, vor Allem der verzehrten Eiweißkörper. Es ergiebt sich hieraus, daß der Harnstoff in hungernden Thieren sinken

und nach dem Genusse sehr stickstoffreicher Speisen, wie der Eier oder des Fleisches, beträchtlich steigen wird. Pflanzenkost wird ihn weniger erhöhen. Die Muskelanstrengung kann ihn merklich vergrößern.

Harnsäure. §. 950. Da die Harnsäure in weit geringeren Mengen als der Harnstoff vorkommt (§. 948.), so können sich schon für sie die analytischen Beobachtungsfehler in nachdrücklicherem Grade geltend machen. Dieses und die verhältnißmäßig nicht unbedeutenden Schwankungen, die unter ähnlichen Nebenumständen vorzukommen scheinen, sind die Hauptgründe, weshalb sich die Beziehungen der Harnsäure zu den Wechselzuständen des Organismus undeutlicher verrathen. Anhaltende Fleischkost erhöht bisweilen den Harnsäuregehalt des Urins in sichtlichem Maaße.

Tägliche Mengen von Harnstoff und Harnsäure. §. 951. Die Beobachtungen, die Lehmann an sich selbst angestellt hat, können einen großen Theil des eben Gesagten näher versinnlichen. Dieser Forscher fand nämlich:

Nebenverhältnisse.	Mittlere tägliche Mengen.							Verhältniß des Harnstoffes zu dem festen Rückstande.
	Procentige.			Absolute in Grm.				
	Fester Rückstand	Harnstoff	Harnsäure	Gesammter Urin	Fester Rückstand	Harnstoff	Harnsäure	
Vierzehntägige strenge Diät. Genuß der bloß nothwendigen Speisen und Getränke. Täglich zwei Stunden Bewegung im Freien	6,412	3,072	0,112	1057,8	67,820	32,498	1,183	1 : 2,09
Bloß thierische Kost während 12 Tagen	7,272	4,424	0,123	1202,5	87,440	53,198	1,478	1 : 1,64
Zwölftägige ausschließliche Pflanzenkost	6,517	2,473	0,112	909,0	59,235	22,481	1,021	1 : 2,64
Zweitägige absolut stickstofffreie Nahrung	—	—	—	—	41,680	15,408	0,735	1 : 2,71

§. 952. Gut genährte Fleischfresser scheiden beträchtliche Massen von Harnstoff in ihrem Urin ab. Füttert man dagegen Hunde mit stickstofffreien Nahrungsmitteln, so liefern sie nach Frerichs nur ungefähr die gleichen Harnstoffmengen, welche sie in dem hungernden Zustande ausführen. Es wird das, was die unabweislichen Lebensthätigkeiten erzeugen, abgeschieden.

§. 953. Männer entleeren durchschnittlich 28 Grm. Harnstoff nach Lecanu, nach Becquerel dagegen nur 19,1 Grm. Die von Becquerel für Frauen angegebenen Werthe sind 17,5 und 15,6 Grm. Lecanu fand 8,1 für das Greisen- und 13,5 bis 4,5 für das reifere Kindesalter.

§. 954. Wir haben schon §. 322 gesehen, daß der Harnstoff unter allen organischen Verbindungen den größten Stickstoffgehalt (46,73 %) darbietet. Er führt daher auch beträchtliche Mengen jenes einfachen Körpers aus dem Organismus ab. 28 Grm. Harnstoff enthalten 13 und 17,5 Grm. 7 Grm. Stickstoff. Barral schlägt den Stickstoffgehalt der täglichen Nahrungsmittel erwachsener Männer, die von guter und reichlicher gemischter Kost leben, zu 21 bis 28 Grm. an.

§. 955. Geringe Mengen von Harnstoff kommen oft in anderen Flüssigkeiten, als dem Urin, vor. Sie lassen sich trotz der Anwesenheit von Eiweißkörpern (§. 297.) im Blute nachweisen. Man findet sie überdies häufig in krankhaften Ausschwitzungen z. B. in wassersüchtigen Ergüssen, in der wässerigen Feuchtigkeit und dem Glaskörper des Auges und selbst nach Einigen ausnahmsweise in dem Speichel oder in anderen Absonderungen. Harnstoff in anderen Körpersäften.

§. 956. Man darf hieraus mit Recht schließen, daß der Harnstoff, der in dem Urine vorhanden ist, nicht erst in den Nieren erzeugt, sondern aus dem Blute durchgeschwitzt ist. Diese Drüsen lassen nur vorzugsweise den Harnstoff unverändert in ihr Absonderungsproduct übertreten, während ihn die anderen zurückweisen oder sogleich bis zur Unkenntlichkeit zersetzen. Vorbildung des Harnstoffes im Blute.

§. 957. Die Thatsache, daß das Blut nur sehr geringe Mengen von Harnstoff führt, spricht eher für, als gegen diese Vorstellungsweise. Bedenken wir nämlich, welche bedeutende Blutmassen die Nieren täglich durchkreisen, so müßte der Urin weit mehr Harnstoff enthalten, wenn jene beträchtlichere Quantitäten führten und sich auch nur des größten Theiles in den Harnorganen entledigten. Eine einfache Berechnung kann dieses näher erhärten.

Führt auch ein Mensch 53,2 Grm. Harnstoff nach ausschließlicher Fleischkost in 24 Stunden in seinem Urine durchschnittlich ab, so giebt dieses doch nur 0,037 Grm. als den für die Minute gültigen Mittelwerth. Schlägt man das Gewicht der beiden Nieren zu 250 bis 500 Grm. an, so wird mindestens mehr als 50 Grm. Blut durch jene Drüsen in der Minute hindurchtreten. Legen wir aber auch nur 50 Grm. zu Grunde, so braucht das Blut bloß 0,07 % Harnstoff zu enthalten, um jene 0,037 Grm. zu decken. Bedenkt man, daß der Eiweißgehalt des Blutes und die früher gebräuchliche Fällung des Harnstoffes mit Salpetersäure nur einen Theil dieser Verbindung zu Tage fördern lassen, so kann es nicht befremden, daß man nicht mehr, als Spuren zu entdecken vermochte.

§. 958. Die Harnsäuke, welche in dem Harn des Menschen und der Fleischfresser in geringen Mengen und in dem der Pflanzenfresser gar nicht oder ausnahmsweise in kleineren Massen vorkommt, findet sich in beträchtlichen Quantitäten in den mit dem Urin vermischten Excrementen der Vögel und der Schlangen. Wird diese Säure mit oxydirenden Körpern behandelt, so bilden sich andere verwandte organische Verbindungen. Die Einwirkung der Salpetersäure kann Alloxan, Alloxanthin Vorherrschen der Harnsäure in einzelnen Wirbelthieren.

oder Parabansäure und Harnstoff, die Behandlung mit Kali und Kaliumeisencyanid, Kohlensäure, Allantoin und Harnstoff, endlich die mit Bleisuperoxyd, Kohlensäure, Kleesäure, Allantoin und Harnstoff erzeugen. Wir werden später sehen, daß manche dieser Metamorphosen auch in dem lebenden Körper wiederkehren und daß vielleicht der Harnstoff desselben auf diesem Wege im Blute entsteht.

Hippursäure. §. 959. Die Hippursäure oder die früher sogenannte Harnbenzoesäure kann nicht bloß aus dem Urin des Pferdes und der Kuh, sondern auch aus dem des Menschen in allen Lebensaltern dargestellt werden. Sie soll hier in weit beträchtlicherer Menge als sonst unter gewissen krankhaften Verhältnissen, z. B. in manchen Fällen von Harnruhr oder von Veitstanz vorkommen. Hat ein Mensch Benzoesäure, Zimmtsäure, Bittermandelöl oder Benzoeäther zu sich genommen, so kehren diese Stoffe als Hippursäure im Harne wieder.

§. 960. Kocht man Hippursäure eine Zeit lang mit verdünnter Schwefelsäure, mit Salzsäure, Salpetersäure, Kleesäure, Kali oder Natron, so zerlegt sie sich in Benzoesäure und Glycocoll (§. 319.). Der Leimzucker kehrt also hier, wie in den nachträglichen Veränderungen der Cholsäure der Galle (§. 926.) wieder.

Kreatin und Kreatinin. §. 961. Man hat früher die Anwesenheit von Milchsäure im Harn daraus gefolgert, daß Zinksalze einen krystallinischen Niederschlag lieferten. Heintz und Pettenkofer fanden aber, daß derselbe Kreatin und Kreatinin (§. 319.) enthält, dieselben Verbindungen, welche aus der Fleischbrühe und dem kalten Wasserauszuge des Fleisches der quergestreiften Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LIV.) gewonnen werden können. Die späteren Untersuchungen von Heintz deuten darauf hin, daß das Kreatin erst nachträglich erzeugt wird, nicht aber von vorn herein vorhanden ist.

Extractivstoffe. §. 962. Die sogenannten Extractivstoffe des Harnes bilden wechselnde Gemenge verschiedenartiger Verbindungen. Die aus ihnen durch Bleizucker oder Bleiessig abscheidbaren Farbestoffe enthalten nach Scherer 56,6 bis 61,3 % Kohlenstoff, 4,1 bis 6,2 % Wasserstoff, 6,3 bis 7,0 % Stickstoff und 33,0 bis 25,5 % Sauerstoff.

Harnsalze. §. 963. Die Beschaffenheit und die Menge der Salzverbindungen muß häufig wechseln, weil viele lösliche Stoffe der Art, die in den Nahrungsmitteln eingeführt werden, verändert oder unverändert in den Harn übergehen. Hat man passende Salzlösungen in die Blutmasse unmittelbar eingespritzt, so kehrt die gleiche Erscheinung und zwar meistentheils rascher wieder. Vierordt und Wellzien brachten z. B. 89 Grm. Kochsalz, welches in 304 C. C. Wasser aufgelöst war, im Verlaufe von 25 Minuten in die Drosselvene eines Pferdes. 100 C. C. Harn enthielten 30 Minuten später 0,713, nach einer Stunde 0,707 und nach 1½ Stunden 0,776 Grm. Kochsalz. 100 C. C. des gesunden Harnes dagegen liefern nur 0,010 bis 0,015 Grm.

§. 964. Die genaueste Aschenanalyse der verzehrten Nahrungsmittel

kann die uns hier beschäftigenden Verhältnisse des Harnes nicht vollständig aufklären, weil wahrscheinlich die Mengen der meroxydischen Bestandtheile der Speisen und des Urines (§. 295.) ungleich ausfallen. Die allgemeine Bezeichnung der pflanzlichen oder thierischen Kost bewegt sich natürlich auf einem noch schwankenderen Boden. Man darf höchstens aus Gründen, die wir später kennen lernen werden, vermuthen, daß sich die Mengen der schwefel- und der phosphorsauren Verbindungen unter dem Einflusse der Eier- oder der Fleischnahrung vergrößern werden. Die Beobachtungen, die Lehmann an sich selbst anstellte, unterstützen diese Annahme. Er erhielt:

Nebenverhältnisse.	Mittlere tägliche Mengen.						
	Procentige.			Absolute in Grm.			
	Phosphorsaur. Natron	Phosphorsaure Erden	Schwefelsaure Alkalien	Gesammtmenge des Harnes	Phosphorsaur. Natron	Phosphorsaure Erden	Schwefelsaure Alkalien
Vierzehntägige strenge Diät. Genuß der bloß nothwendigen Speisen und Getränke. Täglich zwei Stunden Bewegung im Freien	0,347	0,104	0,664	1057,8	3,673	1,097	7,026
Bloß thierische Kost während 14 Tagen.	0,451	0,296	0,865	1202,5	5,421	3,562	10,399

§. 965. Die Körperbewegung vergrößert die phosphorsauren Alkalien des Harnrückstandes. Die phosphorsauren Erden, die nach Lehmann ebenfalls zunehmen, nach Bence Jones dagegen nicht steigen, kommen in dem Urine hungernder Menschen sparsamer vor. Der Harn der fleischfressenden Thiere enthält bedeutendere Mengen phosphorsaurer Salze, während der der Pflanzenfresser nur geringe Quantitäten und bisweilen selbst bloß Spuren derselben führt. Er liefert dagegen desto mehr kohlensaure Verbindungen. Die phosphorsauren Alkalien sollen auch in dem Harn der kleinen Kinder in sparsamerer Masse auftreten.

§. 966. Kleesaure Kalkerde (Taf. I. Fig. III.) findet sich häufig genug in dem Harne ganz gesunder Menschen. Der Genuß von Pflanzenstoffen, die oxalsaure Salze einschließen, und manche eigenthümliche ungewöhnliche Veränderungen der Harnsäure (§. 958.), die in dem Blute oder in anderen Körpertheilen enthalten ist, können die Menge derselben sichtlich erhöhen. Der Champagner soll nach Donné den gleichen Erfolg nach sich ziehen.

§. 967. Der in mäßigen Mengen eingeführte Zucker kehrt in dem Harne nicht wieder. Hat man hingegen beträchtlichere Quantitäten dem Zucker im Harn.

Magen oder dem Blute einverleibt, so findet man einen Theil derselben in dem Harne wieder. Die zuckerige Harnruhr (Diabetes mellitus) bietet die Eigenthümlichkeit dar, daß der in allzugroßen Mengen abgesonderte Urin Zucker enthält. Diese Zuckerart, der man früher den besonderen Namen des Harnzuckers beilegte, stimmt in allen ihren Beziehungen mit dem Traubenzucker überein.

§. 968. Man hat verschiedenartige Methoden zum Nachweise des Zuckergehaltes des Harnes zu Hilfe gezogen. Die Drehung der Polarisationsebene (§§. 173 und 256.) wird höchstens den Sachverhalt andeuten, nicht aber mit Sicherheit darlegen können. Die Gährungsversuche, deren man sich früher bediente, dürfen nur bei der Anwesenheit größerer Zuckermengen gebraucht werden. Sie täuschen überdieß leicht, weil auch noch andere Verbindungen des Harnes Kohlensäure oder kohlensaures Ammoniak austreiben können. Man bringt zu diesem Zwecke den mit Hefe vermischten Harn in eine Flasche *a*, Fig. 177, und führt ein Ableitungsrohr *b* in ein Gefäß *c*, das zum Theil mit Kalkwasser gefüllt ist. Ein zweites Rohr *d* verbindet dieses mit einer offenen, ebenfalls Kalkwasser enthaltenden Flasche *e*. Der in *e* befindliche Kalk soll die Kohlensäure der atmosphärischen Luft (§. 795.) an sich ziehen und das in *c* enthaltene Kalkwasser rein erhalten. Bringt man nun die ganze Vorrichtung in einen erwärmten Raum, so gährt das Ganze nach einiger Zeit auf das Lebhafteste. Die in *a* frei werdende Kohlensäure geht durch *b* nach *c* und erzeugt hier einen weißen Niederschlag von kohlensaurer Kalkerde.

Fig. 177.

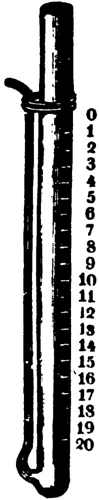


Wenn der zuckerhaltige Urin der Gährung verfällt, so bemerkt man in ihm häufig zahlreiche Gährungsschimmel (Taf. II. Fig. XXIX.). Die Anwesenheit dieser pflanzlichen Schmarotzer bildet aber kein untrügliches Zeichen des Zuckergehaltes.

Kocht man den zuckerhaltigen Harn mit einer Auflösung von kaustischem Kali, so färbt sich das Ganze braunroth. Ein Zusatz von Salpetersäure ruft dann den angenehmen Melassegeruch hervor. Die Trommer'sche Probe beruht darauf, daß der Traubenzucker das durch ein Alkali aus einer schwefelsauren Kupferoxydlösung gefällte Kupferoxyd während des Kochens oder späterhin reducirt. Man erhält daher eine gelbliche oder röthliche Färbung des Niederschlages. Sie kann selbst nach Fehling gebraucht werden, um die Menge des in dem Harne enthaltenen Zuckers zu bestimmen. Man füllt eine Bürette (Fig. 178), d. h. ein mit einem Ausgußrohre versehenes und für die Volumensbestimmung graduirtes Gefäß mit einer wässerigen Auflösung, die 40 Grm. Kupfervitriol, 160 Grm. weinsaures Kali und 560 Grm. Natronlauge

von 1,12 specif. Gew. auf 1 Liter enthält. Eine zweite Bürette nimmt einen Theil des Harnes, der mit einer 9- bis 19fachen Menge Wasser verdünnt worden, auf. Man gießt nun 10 C. C. der Kupferlösung in 40 C. C. Wasser, bringt die Flüssigkeit zum Kochen und tröpfelt den Harn aus der zweiten Bürette so lange zu, bis sich kein rother Niederschlag erzeugt. 10 C. C. jener Kupferlösung entsprechen dann 0,0577 Grm. Traubenzucker. Größere Zuckermengen lassen sich auch mit Weingeist ausziehen.

Fig. 178.



§. 969. Der zuckerhaltige Urin zeichnet sich häufig durch seine bedeutende Eigenschwere (1,03 bis 1,06) und eine beträchtliche Menge festen Rückstandes (6 bis 12 %) aus. Der Genuß von Kohlenhydraten (§. 303.) vergrößert den Zuckergehalt des Harnes der Kranken. Man hat daher häufig versucht, sie nur mit Fleischspeisen zu ernähren. Dieses Verfahren führt aber in der Regel nicht zum Ziele. Der ausschließliche Fleischgenuß wird nach einiger Zeit vollkommen unerträglich. Der Harn verliert überdieß seinen Zuckergehalt keineswegs gänzlich, weil sich Traubenzucker wahrscheinlich auch aus stickstoffhaltigen Verbindungen erzeugen kann.

Fettgehalt des Harnes.

§. 970. Der Urin mancher Zehrkranken enthält bisweilen nicht unbedeutende Fettmengen. Es setzen sich dann bei dem Stehen nicht selten Oeltropfen an der Oberfläche ab. Etwas Aehnliches wiederholt sich bisweilen bei anderen Leidenden, die beträchtliche Fettmassen außerdem noch im Kothe ausscheiden.

Eiweiß im Harn.

§. 971. Bei Menschen, die schwächlich gebaut oder geschlechtigen Ausschweifungen ergeben sind, kommt es häufig vor, daß der Urin nicht bloß ein weißliches Pulver von kohlensaurer Kalkerde, sondern auch Eiweißflocken in der Siedhitze absetzt, die nach einem Zusatze von Salpetersäure nicht verschwinden. Der Harn, der einige Zeit nach der Einnahme der Mahlzeit entleert worden, eignet sich am Besten zu diesen Beobachtungen. Man findet aber in Krankheiten der verschiedensten Art, in einzelnen Fällen von Entzündungen, von Herzleiden, von Wassersucht, daß der Urin beträchtliche Eiweißmengen abführt. Diese Erscheinung bildet daher kein ausschließliches Merkmal desjenigen Nierenleidens, das man mit dem Namen der Albuminurie oder der Bright'schen Krankheit zu bezeichnen pflegt. Der Harn pflegt aber hier nicht bloß Eiweiß aufgelöst, sondern auch mikroskopische, wurstartige Faserstoffmassen als mechanische Gemengtheile zu enthalten.

Sind nur geringe Eiweißmengen in dem Urine vorhanden, so setzen sich beim Kochen keine Flocken ab, vorzüglich wenn die Flüssigkeit von vorn herein alkalisch ist (§. 972.) oder diese Reaction durch ihre Selbstzersetzung gewonnen hat. Da überdieß weiße pulverige Massen von Kalksalzen sich niederschlagen und in solchen zweifelhaften Fällen täuschen können, so verfährt man zweckmäßiger, wenn man den Harn mit beschränk-

ten Mengen von Salpetersäure vermischt und das Ganze vorsichtig erwärmt.

Reaction des Harnes.

§. 972. Der frisch gelassene Harn des Menschen reagirt gewöhnlich deutlich sauer. Die Nahrungsweise kann jedoch zu anderen Ergebnissen führen. Wir werden sogleich sehen, daß die Bestandtheile mancher Speisen, vorzüglich der Pflanzenkost, als kohlensaure Alkalien im Harn wiederkehren. Sind diese in reichlicherer Menge vorhanden, so begegnen wir von vornherein einem alkalischen Urine. Geht der saure Harn in Selbstzersetzung über, so wird er ebenfalls alkalisch, weil sich der Harnstoff allmählig in kohlensaures Ammoniak umwandelt (§. 327.). Man findet daher auch nicht selten bei Rückenmarkskranken, denen der Harn unwillkührlich abfließt, daß die verunreinigte Wäsche mit einer alkalischen, einen Ammoniakgeruch verbreitenden Flüssigkeit durchtränkt ist. Der ganz frische Harn pflegt aber selbst in diesem Falle sauer zu sein.

Der Harn der Fleischfresser besitzt eine saure und der der gut ernährten Pflanzenfresser eine alkalische Beschaffenheit. Der Urin des Pferdes enthält eine große Menge mikroskopischer, krystallinischer Kugeln (Taf. II. Fig. XX.) als mechanische Gemengtheile. Diese Gebilde, die sich auf dem Filtrum pfundweise sammeln lassen, kehren auch in dem Harn des Rindes, des Schweines, der Ratten und bisweilen in dem der Mäuse und der Kaninchen wieder. Sie bestehen vor Allem aus kohlensaurer Kalk- und Talkerde, die an eine geringe Menge einer organischen Grundlage gebunden ist. Läßt man einen Pflanzenfresser anhaltend hungern, so wird später sein Harn sauer, weil er nur von seinem eigenen Fleische zehrt. Die alkalische Beschaffenheit hängt daher von den Nahrungsmitteln ursprünglich ab.

Eine von Liebig bemerkte Thatsache kann vielleicht die Ursache der sauren Beschaffenheit des Harnes des Menschen und der Fleischfresser andeuten. Wir haben §. 965 gesehen, daß der Urin dieser Geschöpfe beträchtliche Mengen von phosphorsauren Alkalien führt, während die gleichen Verbindungen in dem Harn der Pflanzenfresser spurweise auftreten. Die reine Harnsäure löst sich nur äußerst schwer in Wasser. 1 Thl. fordert nach Bensch 1800 bis 1900 Theile siedendes und 14000 bis 15000 Theile Wasser von 20° C. Eine Lösung von zweibasisch phosphorsaurem Natron dagegen nimmt schon im Kalten Hippursäure und im Warmen Harnsäure auf. Die Flüssigkeit gewinnt dabei eine saure Reaction, so wie die gehörige Menge von Harnsäure dargeboten worden. Erkaltet sie später, so schlägt sich ein Theil der Harnsäure von Neuem nieder. Wir werden bald sehen, daß der Urin nicht selten etwas Aehnliches zeigt.

Uebergang der Stoffe in den Harn.

§. 973. Die Untersuchungen von Wöhler und die später von ihm und Frerichs gelieferten Ergänzungen lehrten am Ausführlichsten, welche Stoffe der dem Nahrungscanale einverleibten Verbindungen in den Harn des Menschen verändert oder unverändert übergehen. Wir haben schon §. 959 diejenigen Körper, die als Hippursäure wiederkehren, kennen

gelernt. Die neutralen pflanzensauren Salze, die in den Magen oder unmittelbar in das Blut gebracht werden, verwandeln sich in kohlensaure Verbindungen. Sie verbrennen auf Kosten des eingeathmeten Sauerstoffes (§. 270 ff.). Kleesäure, Citronensäure, Aepfelsäure, Weinsteinsäure und Bernsteinsäure finden sich als solche, und zwar an Basen gebunden, im Harn wieder. Die Gerbsäure geht in Gallussäure, Brenzgallussäure und huminartige Körper, die spirige Säure wahrscheinlich in Spirsäure über. Indigo, Gummigutt, die Farbestoffe der Färberröthe, des Campeschholzes, der rothen Rüben, der Heidelbeeren, die Riechkörper des Baldrian, des Stinkasandes, des Knoblauches, des Biebergeils, des Safrans und des Terpenthins, einzelne Verbindungen des Opiums, die betäubenden Stoffe des Fliegenschwammes, kohlensaures, chlorsaures, salpetersaures und schwefelblausaures Kali, Eisenkaliumcyanür (Blutlaugensalz), Schwefelcyankalium, Borax, Chlorbaryum, Kalisilicat und weinsaures Nickeloxydkali lassen sich im Harne wiederfinden. Dieses ist jedoch mit den Verbindungen des Weingeistes, des Aethers, des Camphers, des thierischen Dippel'schen Oeles, der Harze, den Farbestoffen des Chlorophylles, des Lackmus, der Alkanna und der Cochenille nicht der Fall. Schwefelkalium kann theils als solches, theils als schwefelsaures Salz wiedererscheinen. Jod wird zu alkalischen Jodmetallen, Eisenkaliumcyanid dagegen zu Eisenkaliumcyanür.

Chinin tritt häufig in den Harn, Caffein (§. 343.) dagegen nicht. Salicin verwandelt sich wahrscheinlich in spirige Säure oder Spirsäure und Phlorrhizin in Hippursäure und kleesaure Kalkerde. Blausäurefreies Bittermandelöl wird zu Benzoesäure und dann zu Hippursäure. Der Genuß des harnsauren Kali oder des harnsauren Ammoniaks vermehrt die Menge des Harnstoffes. Es geht daher wahrscheinlich die Harnsäure durch Oxydation (§. 958.) in Harnstoff über. Senfölammoniak oder Rhodallin liefert Schwefelcyanammonium, wie nach dem Erhitzen mit Natronkalk.

Die meisten Metalle, wie Gold, Silber, Eisen, Blei, Zinn, Wismuth, Arsenik und Quecksilber können ausnahmsweise in mehr oder minder beträchtlichen Mengen mit dem Harne entfernt werden.

§. 974. Die Versuche, welche Stehberger und Erichsen bei Menschen mit Vorfall der umgestülpten Harnblase (§. 939.) angestellt haben, lehrten, daß die ersten Spuren der in den Nahrungsmitteln eingeführten Verbindungen in verhältnißmäßig kurzer Zeit in dem Urine wieder erscheinen. Blutlaugensalz foderte nur 1 Minute Zwischenzeit unter den günstigsten Nebenbedingungen, der Farbestoff des Indigo oder der Färberröthe dagegen ¼ Stunde. Diese Geschwindigkeit erklärt sich aus der Schnelligkeit des Kreislaufes (§. 717.) und des Durchganges passender Auflösungen durch poröse thierische Häute (§. 146.). Ist der Magen mit Speisen gefüllt, so kommt das gleichzeitig verabreichte Blutlaugensalz im Harne langsamer zum Vorschein.

Schnelligkeit des Ueberganges in den Harn.

Harnsedimente. §. 975. Der sich selbst überlassene Urin liefert früher oder später einen Bodensatz oder ein Harnsediment. Der Schleim und die ihm beigemengten Epithelialgebilde scheiden sich häufig schon während des Erkaltens ab. Harnsäure (Taf. I. Fig. II.), kleesaurer Kalk (Taf. I. Fig. III.), meist feinkörniger kohlensaurer Kalk oder phosphorsaure Ammoniak-Magnesia (Taf. I. Fig. XVII. i. k l.) schlagen sich später in dem frischen oder dem eingedickten Urine von selbst, nach einem Zusatze von Salzsäure oder unter dem Einflusse anderer passender Reagentien nieder. Sehr bedeutende Mengen solcher Absätze finden sich häufig in dem Harne von Kranken. Der ziegelmehlartige Bodensatz (Sedimentum lateritium) der Fieberpatienten besteht vor Allem aus Harnsäure, die meist mikroskopische Tafeln bildet (Taf. I. Fig. II.), und aus harnsauren alkalischen und erdigen Salzen. Ein eigenthümlicher, noch nicht genauer gekannter, rother Farbestoff erzeugt die besondere Färbung des Ganzen. Die oben erwähnten Kalk- und Talkverbindungen, eine bedeutendere Zahl von Schleimkörperchen (Taf. II. Fig. XXXI. d.), Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXIV. a.), Eiterkörperchen (ähnlich wie Taf. II. Fig. XXIII. c.) und Samenthierchen (Taf. V. Fig. LXXIX.) kommen in anderen Fällen vor.

Harnsteine. §. 976. Die Harnsteine können sich an allen beliebigen Punkten der Harnwerkzeuge erzeugen. Sie entstehen am häufigsten in der Harnblase, weil hier der Urin längere Zeit ruhig zu bleiben pflegt. Feste, schwer lösliche Verbindungen setzen sich daher dann am Leichtesten ab. Ein aus irgend einer Ursache schon vorhandener dichter Kern wird die Bildung neuer Schichten wesentlich begünstigen. Ein Schleimklumpen, ein von außen zufällig eingedrungenes Sandkorn, ein Strohhalm oder ein Metallstift kann den Kern darbieten, um den sich immer mehr Lagen neuer Masse herumlegen. Kleine Steine oder Gries übernehmen häufig die gleiche Rolle.

§. 977. Die sogenannten Uratsteine enthalten vorherrschende Mengen von Harnsäure und den so schwer löslichen harnsauren Salzen. Die Oxalatsteine bestehen zu einem großen Theile aus kleesaurer Kalkerde, und die Phosphatsteine aus Verbindungen der Phosphorsäure mit Kalk und Magnesia. Eine Reihe von Nebenkörpern kommt häufig vor. Es ereignet sich sogar nicht selten, daß der Kern aus Harnsäure oder harnsaurer und kleesaurer Kalkerde, die äußere Rinde dagegen aus Erdphosphaten besteht.

Folgen der Unthätigkeit der Nieren. §. 978. Der Mangel, die vollständige Entartung oder die künstliche Ausrottung einer einzigen Niere kann ohne weitere wesentliche Störungen vorübergehen. Hunde, Katzen und Kaninchen dagegen, denen man beide Nieren ausgeschnitten hatte, starben spätestens wenige Tage nach dieser Operation. Fieber, Appetitlosigkeit, Traurigkeit und bisweilen auch Durchfälle folgen dem Eingriffe nach. Krämpfe gehen nicht selten dem Tode voran. Der Harnstoffgehalt des Blutes vergrößert sich wahrscheinlich in bedeutendem Grade. Die meisten Absonderungen erscheinen wässriger. Sie enthalten nicht selten Ammoniakverbindungen.

Die flüssigen Ausschwitzungen, die man in der Bauch- und bisweilen auch in der Brusthöhle antrifft, führen in der Regel merkliche Mengen von Harnstoff oder von kohlensaurem Ammoniak.

Thätigkeit der Blutgefäßdrüsen.

---

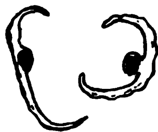
§. 979. Die Abtheilung der sogenannten Blutgefäßdrüsen umfaßt die Milz (*g*, Fig. 86, S. 141.), die Nebennieren (*a b*, Fig. 175, S. 302.), die Schilddrüse (*e*, Fig. 117, S. 197.) und die Thymus (*d*, Fig. 116, S. 197.). Manche Forscher, wie Ecker, rechnen noch den Hirnanhang hinzu. Diese ganze Klasse enthält aber Werkzeuge, deren Bau und deren Thätigkeiten wesentlich abweichen. Die Nebennieren, die Schilddrüse und die Thymus stimmen wenigstens insofern überein, als man in ihnen allseitig geschlossene Schläuche, die sonst den Drüsengängen gleichen und Zellen, Kerne und andere Festgebilde enthalten, gefunden hat. Man kann sie daher mit einem gewissen Rechte Drüsen ohne Ausführungsgänge nennen. Die Milz dagegen zeigt wesentlich verschiedene anatomische Verhältnisse, die ihr schon eine andere Stelle anweisen. Die Thätigkeiten aller Gebilde aber, die man für jetzt noch zu den Blutgefäßdrüsen rechnet, sind noch so gut als gänzlich unbekannt. Verschiedenheit der einzelnen Blutgefäßdrüsen.

§. 980. Die starke faserige Hülle, welche die Milz bekleidet, setzt sich auch in das Innere des Organes fort. Sie liefert nämlich Scheiden, welche die Schlagaderverzweigungen, wie es Fig. 179 andeutet, umhüllen und sich unter einander netzförmig verbinden. Diese Hüllengebilde enthalten einfache Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LIX.) neben gewöhnlichen Zellgewebe- und elastischen Fasern. Die in dem Balkengewebe des Menschen vorkommenden Muskelfasern bestehen nach Ecker aus Faserzellen mit seitlich angefügten Kernen, wie es Fig. 180 andeutet. R. Wagner, Kölliker und Ecker konnten in einzelnen Fällen Verkürzungserscheinungen an der Oberfläche der Milz des Hundes und der Katze und Harleß an der eines hingerichteten Menschen mit Hilfe des elektrischen Rotationsapparates (§. 252.) hervorrufen. Milz.

Fig. 179.



Fig. 180



§. 981. Eigenthümliche und meist rundliche Bläschen, die Malpighi'schen Körperchen oder die Milzbläschen, sitzen an den Verzweigungen

der in dem Innern sich verbreitenden Schlagadern, wie es Fig. 181 und Fig. 182 unter schwacher Vergrößerung darstellt. Sie enthalten eine farblose Flüssigkeit, die nur selten an der Luft gerinnt, Zellen und freie Kerne. Sie fallen nach dem Tode leicht zusammen. Man vermißt sie daher nicht selten, vorzüglich wenn die Gefäße der Milz vor der Trennung derselben nicht unterbunden werden. Es ist noch nicht gelungen, einen Zusammenhang mit den Gefäßen, vorzüglich den Saugadern, mit Sicherheit nachzuweisen.

Fig. 181.



Fig. 182.



§. 982. Die mittelfeinen Schlagadern, die sich in der Nähe der Milzbläschen oder auch an anderen Orten ferner verzweigt haben, setzen sich nach Ecker in ein zartes Haargefäßnetz, das sich in der sogleich zu betrachtenden Milzpulpe verbreitet, fort. Es ist jenem Forscher nicht gelungen, den Uebergang dieser Capillaren in die Venen wahrzunehmen. Manche von diesen haben deutliche Ausbuchtungen. Sie bilden ein Maschengewebe, das in gewisser Hinsicht an das der Fachkörper der Ruthe erinnert. Man kennt endlich bis jetzt nur die größeren Saugadern, die aus der Milz hervortreten oder sich auf der Oberfläche des Organes verbreiten. Die Art, wie sie sich in dem Innern desselben verhalten, ist noch nicht erforscht.

§. 983. Die sogenannte Milzpulpe ist die meist breiige, mehr oder minder rothe Masse, die an der aufgeschnittenen Milz vor Allem in die Augen fällt. Man findet in ihr nach Ecker Kerne, Zellen, vereinzelte oder zusammengeballte Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXIV.), Zellen, die Blutkörperchen einschließen, und freie oder von Zellen umgebene, gelbe oder farblose Körner und Klumpen.

§. 984. Man hat früherhin häufig vermuthet, daß neue Blutkörperchen in der Milz erzeugt werden. Diese Ansicht stützte sich vorzüglich darauf, daß die Saugadern der zur Verdauungszeit getödteten Rinder mit einer röthlichen Lymphe, in der sich Blutkörperchen unter dem Mikroskope zeigen, gefüllt sind. Einzelne Forscher nehmen an, daß die §. 983 erwähnten mit Blutkörperchen gefüllten Zellen eine neue Stütze für jene Vorstellung liefern. Die Blutkörperchen sollen in Zellen erzeugt und nach der Auflösung derselben frei werden. Da aber andere Zellen gelbe Festgebilde, die ihre bestimmten Formen allmählig verlieren, einschließen, so glaubten manche Beobachter, daß die Blutkörperchen gerade umgekehrt in der Milz zu Grunde gehen. Sie werden haufenweise von Zellen eingeschlossen, verwandeln sich hierauf in jene gelbe Masse, zerfallen in Körner und verlieren sich zuletzt gänzlich.

§. 985. Die Angaben der verschiedensten Gelehrten stimmen darin überein, daß die die Blutkörperchen einschließenden Zellen nebst den eben

erwähnten Uebergangsformen nicht bloß in der Milz, sondern auch in Blutergüssen, die sich regelwidriger Weise in dem Gehirn, der Leber, den Nieren erzeugt haben, vorkommen können. Wir haben also hier keine nur der Milz eigenthümliche Erscheinung. Es frägt sich sogar, ob sie von regelmäßigen Nebenbedingungen herrührt oder ob nur zufällige örtliche Verletzungen des so zarten Milzparenchyms die nächste Veranlassung zu ihrem Vorkommen darbieten. Ein sicherer Entscheid dieser ganzen Frage ist vorläufig nicht möglich.

§. 986. J. Béclard glaubt in neuerer Zeit gefunden zu haben, daß das Blut der Milzvene des Hundes und des Pferdes eine bedeutend geringere Menge von Blutkörperchen, als das der Drosselvene in jedem Falle enthält. Jenes führt nach ihm 8,18 bis 16,14 %, dieses dagegen 9,83 bis 18,51 % Blutkörperchen. Wären nicht die Unterschiede zu groß, so könnte man diese Zahlen als einen zuverlässigen Beweis, daß Blutkörperchen in der Milz zu Grunde gehen, ansehen.

§. 987. Man hat häufig die Erfahrung gemacht, daß die Milz ein auffallend großes Volumen einige Stunden nach der Fütterung darzubieten pflegt. Hunde können die längste Zeit nach der Ausrottung dieses Organes ohne Beschwerde fortleben. Die Gefräßigkeit, die Abmagerung und die Veränderungen des Geschlechtstriebes, die Manche in diesem Falle bemerkt haben wollen, haben sich in anderen Beobachtungen der Art nicht gezeigt.

§. 988. Die Nebennieren, die sich durch ihren verhältnißmäßig beträchtlichen Umfang im Neugeborenen (*r*, Fig. 137, S. 219) und vorzüglich im jüngeren Embryo auszeichnen, bestehen nach Ecker ihrer Hauptmasse nach aus geschlossenen, neben einander liegenden Schläuchen, die eine Flüssigkeit, Kerne und eine große Menge feinerer Körnchen führen und von zahlreichen Haargefäßnetzen umgeben werden. Die Rindensubstanz älterer menschlicher Leichname enthält Körper, wie sie Taf. V. Fig. LXVII. abgebildet worden. Eine auffallend große Masse von Nerven tritt in dieses Organ ein. Manche dringen aber nur durch die Gewebtheile durch, um andere Gebilde aufzusuchen. Man darf mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, daß gewisse von dem Blute ausgeschiedene Verbindungen in jenen Schläuchen in eigenthümlicher Weise verarbeitet werden. Man kennt aber noch nicht den Zweck dieser Thätigkeit und nicht einmal die Mittel, durch welche die veränderten Stoffe den übrigen Körperorganen zu Gute kommen. Die früheren Vorstellungen, daß die Function der Nebennieren mit der des Gehirns, der Harn- oder der Geschlechtswerkzeuge in Beziehung steht, haben noch keine sichere thatsächliche Begründung gewinnen können. Nebennieren.

§. 989. Die Schilddrüse enthält eine große Menge durch Zellgewebe geschiedener Läppchen, in denen wiederum Schläuche eingebettet sind. Diese schließen eine Flüssigkeit und Kerngebilde, die der Begrenzungswandung pflasterartig anliegen, wie es Fig. 183 (s. f. S.) darstellt, nach Ecker ein. Man bemerkt auch bisweilen einfache und wenigstens im Schilddrüse.

Hunde doppelbrodtartig vereinigte Zellen, wie es Fig. 184 andeutet.

Fig. 183.

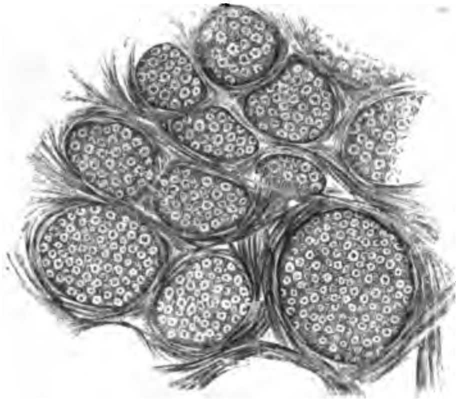


Fig. 184.



Sehr zahlreiche Haargefäßnetze umspinnen die einzelnen Drüsenläppchen.

§. 990. Die durchgreifende Entartung der Schilddrüse, die wir so häufig antreffen, und die Gefahrlosigkeit der Ausrottung derselben lehren deutlich, daß keine zum Leben wesentliche Thätigkeit dieser Blutgefäßdrüse angewiesen worden. Hunde können den gleichzeitigen Verlust der Schilddrüse und der Milz ohne merklichen Nachtheil ertragen.

§. 991. Der anatomische Bau deutet an, daß gewisse Stoffe in den Schläuchen der Schilddrüse abgesetzt und verändert werden. Die Bemühungen der verschiedensten Forscher waren aber nicht im Stande, irgend etwas Näheres festzustellen. Man giebt häufig an, daß sich die Schilddrüse nach dem heftigen Schreien, nach Geburten oder selbst schon nach dem Beischlafe vergrößert. Diese Thatsache, die übrigens nicht beständig vorkommt, führt aber auch noch zu keinen sicheren Schlüssen. Die Vorstellungen, daß die Schilddrüse mit dem Gehirn, den Stimmwerkzeugen oder den Athmungsorganen in Beziehung stehe, entbehren einer jeden genügenden Grundlage.

Kropfbildung. §. 992. Der Kropf bildet eine Entartung dieser Blutgefäßdrüse. Ihre Schläuche füllen sich leicht mit fremdartigen Massen, mit gallertigen Absätzen, die den Umfang des Ganzen beträchtlich vergrößern können. Es erzeugen sich oft Blasen, die bedeutende Strecken oder die gesammte Schilddrüse in Anspruch nehmen. Zellen, die mit jener gallertigen Masse gefüllt sind, Krystalle von Gallenfett, die sich schon als silberglänzende Punkte oder Schüppchen dem freien Auge verrathen und Fig. 185 unter starker Vergrößerung dargestellt sind, und Fettkörnchen kommen in ihnen häufig vor. Es ereignet sich in manchen Fällen, daß sich die Blutgefäße erweitern und einzelne bauchigte Anschwellungen, wie wir sie in der Ernährungslehre kennen lernen werden, darbieten, daß sich Blutergüsse, Ausschwitzungen, freie Absätze von Gallenfett, Ablagerungen von erdigen Massen erzeugen. Es können endlich ganze Strecken von feinen Gefäßverzweigungen, wie es Fig. 186 fünf Mal

vergrößert nach Ecker darstellt, oder ausgedehnte Stellen der Wandun-

Fig. 185.

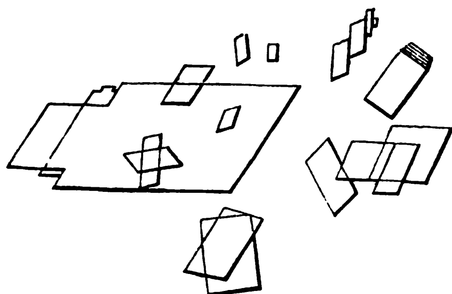


Fig. 186.



gen der Blasenräume mehr oder minder vollständig verkalken. Wenn man bedenkt, daß man nicht selten Kröpfe antrifft, die mehr als 1 Kilogr. wiegen, während die gesunde Schilddrüse nur 12 bis 25 Grm. zu haben pflegt, so ergiebt sich, welche ungeheure Massenvergrößerung auf diesem Wege zu Stande kommt.

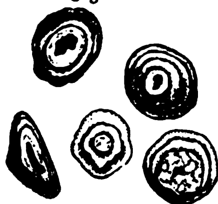
§. 993. Die Thymus erreicht im Embryo eine verhältnißmäßig beträchtliche Größe. Sie gewinnt aber erst ihren bedeutendsten Umfang in dem frühesten Kindesalter, bleibt später zurück, verwandelt sich in der Folge in eine eigenthümliche Fettmasse und erhält sich bisweilen als solche bis zu dem Ende des Mannesalters. Schneidet man das Zellgewebe und die Gefäße, die zwischen den Läppchen dahingehen, durch, so läßt sich jede Hälfte, gleich einem schraubig zusammengelegten Bande, wie es Fig. 187 nach Ecker schematisch darstellt, aufwickeln. Eine Menge kleiner Bläschen oder Schläuche sitzen dann auf einem Centralcanale, dessen Hohlraum in die Höhlungen von jenen unmittelbar übergeht. Wir haben daher hier eine größere Aehnlichkeit mit den baumförmigen Drüsen, als in den Nebennieren und der Schilddrüse. Thymus.

Fig. 187.



§. 994. Die Bläschen führen wiederum eine helle Grundflüssigkeit, Kerne und seltener Zellen. Ecker fand noch eigenthümliche concentrische Gebilde, die Fettmassen einschließen. Das Fett von Weingeisterexemplaren junger Embryonen liefert ähnliche Anschauungen. Hassal bemerkte die Fig. 188 abgebildeten und wahrscheinlich anatomisch gleichen Körper, die eine gewisse concentrische Schichtung verrathen, in Faserstoffgerinnseln des Herzens.

Fig. 188.



§. 995. Wir haben §. 993 gesehen, daß das Endschicksal der Thymusdrüse in einer eigenthümlichen Fettumwandlung besteht. Diese Veränderung kann schon in Neugeborenen oder Kin-

dern, die weniger als 2 Jahr alt sind, nach Ecker vorkommen. Während der Rand der gesunden Thymusläppchen die Fig. 189 dargestellte Anschauung unter stärkerer Vergrößerung liefert, bieten Bruchstücke des auf jene Weise veränderten Organes Bilder, wie es Fig. 190 zeigt, dar. Massenhaft zusammengehäufte Fettkügelchen lassen das Ganze bei durchfallendem Lichte undurchsichtiger und fast schwarz erscheinen.

Fig. 189.



Fig. 190.



§. 996. Man kann auch für die Thymus annehmen, daß sie ein eigenthümliches Laboratorium der Stoffverarbeitung bildet. Ihre starke Entwickelung in den ersten Lebenszeiten des Kindes deutet darauf hin, daß ihr Hauptnutzen für jenes Alter vorzugsweise berechnet ist. Man kann hiernach höchstens vermuthen, nicht aber mit Sicherheit schließen, daß sich ihr Hauptzweck auf die Milchnahrung des Säuglinges bezieht. Junge Säugethiere, denen Restelli die Thymus ausgerottet hatte, zeigten eine auffallende Gefräßigkeit und manche ungewöhnliche Speisegelüste. Sie magerten rasch ab und starben früher als andere Thiere, denen gleich große Verletzungen, jedoch ohne die Entfernung der Thymus beigebracht worden.

Ernährung.

Verschiedene Folgen der Ernährungserscheinungen.

§. 997. Die Betrachtung der Ernährungserscheinungen zerfällt in drei Hauptabschnitte. Der morphologische Theil beschäftigt sich mit den einzelnen, dem freien oder dem bewaffneten Auge kenntlichen Veränderungen, welche die Gewebtheile erleiden, und der statistische mit denen, welchen die Gewichte des ganzen Körpers und der verschiedenen Organe unterworfen sind. Der chemische Abschnitt behandelt endlich den Wechsel der Stoffverbindungen, welche die Bestandtheile des Organismus nach und nach erleiden. Da sich die Entwickelungsgeschichte mit denselben drei Factoren, wie sie sich während der Aus- und der Rückbildung der organischen Wesen geltend machen, beschäftigt, so braucht die Ernährungslehre nur den selbstständigen Organismus im Auge zu behalten.

Umwandlung der Gemengtheile des Blutes.

§. 998. Morphologische Ernährungserscheinungen. Da die Saugadern Lymphkörperchen (Taf. II. Fig. XXII. a.) und selbst Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXIV. a.) dem Blute fortwährend zuführen

(§. 498 ff.), so müßte die Blutmasse nach und nach mit Festgebilden überladen werden, wenn nicht andere mechanische Gemengtheile zu Grunde gingen. Man hat daher mit Recht vermuthet, daß ein fortwährender Entwickelungscyclus der Blutkörperchen das Gleichgewicht herstellt. Die farblosen (Taf. II. Fig. XXIV. b. c.) gehen allmählig in gefärbte über, während die ältesten von diesen durch Auflösung oder auf irgend einem anderen Wege verschwinden.

§. 999. Es ist bis jetzt nicht gelungen, die Art, wie dieses geschieht, mit Sicherheit nachzuweisen. Wir sahen, daß die Ansichten, nach denen die Leber (§. 928.) oder die Milz (§. 984.) als die Lösungsorte der ältesten Blutkörperchen betrachtet wurden, eine sichere Begründung noch nicht gewinnen konnten. Da die Ausrottung der Milz die übrigen Lebensthätigkeiten wenig oder gar nicht stört, so darf man vermuthen, daß diese Blutgefäßdrüse die so wichtige Bestimmung, die Zahl der Blutkörperchen zu vermindern, mindestens nicht ausschließlich übernimmt. Es läßt sich sogar eher annehmen, daß die Veränderungen, welche die Blutmasse während ihrer verschiedenartigen Kreislaufswege erleidet, jenes Gleichgewicht von selbst erhalten. Es wird sich daher im Blute selbst herstellen und an kein einzelnes Körperwerkzeug ausschließlich gebunden sein. Die Athmung und die Ernährung müssen unter diesen Verhältnissen die vorzüglichsten Bedingungsglieder der Entwickelung der Blutkörperchen liefern. Die Angabe, daß man die des Frosches (Taf. II. Fig. XXIII. a. b.) auflösen könne, wenn man Sauerstoff und Kohlensäure durch die Blutmasse abwechselnd durchleitet, scheint sich nicht zu bestättigen.

§. 1000. Die verhältnißmäßige Zahl der farblosen Blutkörperchen (Taf II. Fig. XXIII. c., Fig. XXIV. b. c.) wechselt mit der Verschiedenheit der Körperzustände und der Blutbeschaffenheit. Donders und Moleschott [35]) schließen aus ihren Zählungen, daß die Menge von jenen einige Zeit nach dem Genusse der Mahlzeit zunimmt. Das Blut enthielt durchschnittlich 5,1 Lymphkörperchen des Blutes (Taf. II. Fig. XXIV. b. c.) auf 2000 farbige Blutkörperchen (Taf II. Fig. XXIV.) 11½ Stunden nach der letzten Nahrungseinnahme. Jener Werth stieg dagegen auf 6,2 drei Stunden nach dem Mittagsmahle. Hat ein Thier bedeutendere Blutmassen kurz nach einander verloren, so führt nach Remak das blasser gewordene Blut eine unverhältnißmäßig größere Menge farbloser Körperchen. Der gleiche Fall kann sich nach Virchow in dem Menschen in dem Grade wiederholen, daß man zu der irrigen Annahme eines Eitergehaltes des Blutes verleitet zu werden vermag. Was die Rückbildung der Blutkörperchen betrifft, so scheinen die, welche deutliche Kerne (Taf. II. Fig. XXIII. b.) auf der höchsten Stufe ihrer Entwickelung darbieten, diese ihre Nuclei zu verlieren, ehe sie völlig zu Grunde gehen.

Wechsel der Menge der Blutkörperchen.

§. 1001. Das in den Gefäßen kreisende Blut bildet eine mechanische Mischung der gleichartigen Blutflüssigkeit (Liquor sanguinis) mit den eben betrachteten verschiedenartigen Blutkörperchen (*a c d*, Fig. 133, S. 213.). Die Gerinnung desselben, wie wir sie an dem aus der Ader

Gerinnung des Blutes.

gelassenen Blute am Leichtesten wahrnehmen, besteht darin, daß sich eine gewisse Menge festen Faserstoffes aus der Blutflüssigkeit abscheidet und die ihrer größeren Eigenschwere wegen zu Boden fallenden Blutkörperchen zwischen sich faßt. Man erhält auf diese Weise eine lederartige Masse, den Blutkuchen (Placenta sanguinis s. Cruor), und eine gelbliche, gelbgrünliche oder röthliche Flüssigkeit, das Blutwasser oder das Blutserum (Serum sanguinis). Jener ist daher eine mit Blutwasser durchtränkte Mischung von Blutkörperchen und Faserstoff, dieses dagegen die frühere Blutflüssigkeit minus dem abgeschiedenen Faserstoff. Da das Serum eine gewisse Klebrigkeit seines reichen Eiweißgehaltes wegen darbietet, so können in ihm Blutkörperchen, die von keinen Faserstoffmassen zufälliger Weise eingeschlossen werden, mehr oder minder schwebend erhalten bleiben.

§. 1002. Die Hauptursache der rothen Färbung des Blutes liegt in der beträchtlichen Menge der farbigen Blutkörperchen (§. 658.). Die Blutflüssigkeit selbst bietet keine deutliche oder höchstens eine schwach gelbliche Färbung unter dem Mikroskope, das freilich die Farben verwaschener macht, dar. Der bei der Gerinnung ausgeschiedene Faserstoff ist weißgelblich bis gelb. Da er aber den größten Theil der farbigen Blutkörperchen während der Gerinnung mechanisch einschließt, so erklärt sich hieraus die starke Röthe des Blutkuchens.

§. 1003. Wird das aus der Ader gelassene Blut in Ruhe gelassen, so greifen zweierlei Vorgänge gleichzeitig ein. Die schwereren Blutkörperchen sinken allmählig nach unten. Das specifische Gewicht und die Klebrigkeit der Blutflüssigkeit oder des Serum verzögern nur diese Ortsveränderung. Es scheidet sich überdies Faserstoff an allen Punkten der Flüssigkeit in fester Form aus. Fallen beide Momente so ziemlich zusammen, so werden die Faserstoffmassen Blutkörperchen überall zwischen sich fassen. Es muß daher der ganze Blutkuchen eine rothe Farbe darbieten. Wird dagegen die Gerinnung aus irgend einem Grunde verlangsamt, so können die Blutkörperchen sinken, ehe sich aller Faserstoff in fester Form absetzt. Es werden daher nur die tieferen Faserstoffmassen größere Mengen von Blutkörperchen einschließen. Wir erhalten daher einen Blutkuchen, der unten und in der Mitte roth, oben dagegen gelb ist.

Speckhaut des Blutes.

§. 1004. Man hat die oberste gelbe Lage mit dem Namen der Speckhaut oder der Entzündungshaut (Crusta inflammatoria) bezeichnet, weil sie dem Aderlaßblute, das man in entzündlichen Krankheiten gewinnt, allein zukäme. Die ärztliche Erfahrung hat aber schon längst gelehrt, daß sie in vielen Entzündungen mangelt und häufig genug unter anderen Verhältnissen, z. B. in Schwangeren auftritt. Es ergiebt sich aus dem eben Dargestellten, daß man sie durch eine Verzögerung der Gerinnung künstlich erzeugen kann. Das langsamere Erkalten des Blutes, das man in erwärmten Holzgefäßen aufgefangen hat (§. 202.), ein Zusatz berechneter Mengen von Kali, Natron, unterkohlensaurem Natron oder Bittersalz können eine Speckhaut in jeder Blutmasse entstehen lassen.

Ist das Serum aus irgend einer Ursache specifisch leichter oder weniger klebrig, während die gefärbten Blutkörperchen ihre beträchtliche Menge und ihre Eigenschwere beibehalten haben, so wird natürlich der gleiche Erfolg zum Vorschein kommen.

§. 1005. Der Blutkuchen nimmt im Anfang den größten Theil der Blutmasse ein. Er zieht sich später nach und nach zusammen und verliert hierbei einen Theil des in ihm mechanisch gebundenen Serum, so daß die deutlichere Sonderung des geronnenen Blutes in eine größere feste Masse und eine abgeschiedene Flüssigkeit erst nachträglich hervortritt. Bildet das Blut eine dünne Schicht, welche eine verhältnißmäßig beträchtliche Verdampfungsoberfläche darbietet, so fehlt auch die eben erwähnte schärfere Trennung. Werden größere Blutmassen sich selbst überlassen, so erweicht später der Blutkuchen von Neuem. Er und ein großer Theil des faulenden Serum mischen sich zuletzt inniger mit einander. Allmählige Veränderungen des geronnenen Blutes.

§. 1006. Der geronnene Faserstoff bildet unter dem Mikroskope eine gelbliche gleichartige Masse, die sich oft in Falten legt, in scheinbare bandartige Streifen zerfällt und das trügerische Ansehen eines faserigen Baues (Taf. II. Fig. XXV. a.) aus diesem Grunde häufig darbietet. Werden kleinere Mengen desselben unter Blutwasser zerrupft, so sieht man bisweilen in diesem platte, in Fig. 191 vergrößert dargestellte Blättchen, die Nasse mit dem Name der Faserstoffschollen belegte. Die Fig. 188, S. 139, abgebildeten Körperchen kommen jedenfalls nur in sehr seltenen Ausnahmsfällen vor. Körnchen, Oeltröpfchen und sehr kleine Gebilde, die in dem dunkelen Gesichtsfelde des Polarisationsmikroskopes (§. 172.) wie Krystalle glänzen (§. 176.), können hin und wieder beigemengt sein. Mikroskopisches Verhalten des Faserstoffes.

Fig. 191.



§. 1007. Die farbigen Blutkörperchen des Menschen und der Säugethiere sind ursprünglich rund, münzenartig platt und an ihren beiden breiteren Flächen vertieft (Taf. II. Fig. XXIV. a.). Sie erscheinen daher, auf der Kante stehend, wie ein schmales, in der Mitte eingebuchtetes Band (Taf. II. Fig. XXIV. a. rechts und oben). Die farblosen Blutkörperchen sind mehr oder minder kugelrund (Taf. IV. Fig. XXIV. b. u. c.). Sie bieten daher so ziemlich die gleichen Gestalten in allen Stellungen dar. Verdünnt man die Blutflüssigkeit mit Wasser, so daß sich der Dichtigkeitsgrad und der relative Salzgehalt vermindern, so nehmen die farbigen Blutkörperchen wässerige Verbindungen auf und geben einen Theil ihres Farbestoffes an die umgebende Flüssigkeit ab. Sie schwellen an und werden blasser und kugelrund (Taf. II. Fig. XXV. b. c.). Ein neuer geeigneter Salzzusatz kann die plattere Form in glücklichen Fällen abermals herstellen. Künstliche Veränderungen der Blutkörperchen.

§. 1008. Da die Ausscheidung des Faserstoffes die Blutflüssigkeit verdünnt, so ereignet es sich nicht selten, daß einzelne in ihr enthaltene Blutkörperchen runde Gestalten darbieten. Andere, die ihre platten For-

men bewahren, legen sich häufig wie die Münzen einer Geldrolle, mit ihren größeren Flächen zusammen (Taf. II. Fig. XXIV. c. d.). Prüft man das frische Blut, wie es aus einer Schnittwunde des Fingers hervorquillt, so kann man bisweilen sehen, daß die Rollen, wenn lebhafte Ströme in der Flüssigkeit entstehen, in einzelne Bruchstücke auseinander reißen und Fäden halbgeronnenen Faserstoffes zwischen ihnen ausgezogen werden. Die einschrumpfenden Blutkörperchen bekommen leicht strahlige Falten. Sie werden sternförmig, wenn sie vollständiger vertrocknen.

Blutflecke. §. 1009. Der Gerichtsarzt soll oft bestimmen, ob rothe Flecke, die man in der Wäsche, an Meubeln oder an schneidenden Werkzeugen bemerkt, von Menschenblut oder von anderen Körpern herrühren. Handelt es sich um kleine Massen, so kann die chemische Prüfung keine sicheren Ergebnisse liefern, weil das Blut keine charakteristischen, nur ihm zukommenden Stoffe führt und der geringe Eisengehalt desselben keine Erkennungszeichen zu liefern vermag. Die mikroskopische Untersuchung führt oft eben so wenig zum Ziele. Will man den Blutfleck mit einer wässerigen Flüssigkeit ausziehen, so wird man hierzu kein reines Wasser (§. 1007.), sondern eine Flüssigkeit, wie Kochsalz- oder Zuckerlösung, welche die Formen der Blutkörperchen nicht verändert, auswählen. Bieten diese länglichrunde Formen dar (Taf. II. Fig. XXIII. a. b.), so ergiebt sich, daß das Blut von keinem Menschen und keinem Haussäugethiere, sondern von einem Vogel, einem Reptil oder einer Fischart herrührt. Findet man rundliche Gestalten, so kann man auf den Ursprung aus einzelnen Fischen, den Haussäugethieren oder dem Menschen zurückschließen. Der Entscheid aber, ob die Blutmasse einem Menschen oder einem Säugethiere angehörte, stößt in der Regel auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Man hat zwar behauptet, daß die Kleinheit der unter dem Mikroskope bemerkbaren Gebilde den Arzt zu leiten vermag. Allein abgesehen davon, daß geringere Querdurchmesser des vorangegangenen Eintrockenens wegen vorhanden sein können, so gleicht der durchschnittliche Querdurchmesser der menschlichen Blutkörperchen $1/_{140}$ Mm., während der Hund $1/_{131}$, die Katze $1/_{173}$, das Schwein $1/_{166}$, das Pferd $1/_{186}$, der Esel $1/_{158}$, das Rind $1/_{170}$, das Schaaf $1/_{209}$ und die Ziege $1/_{250}$ Mm. darbieten. Man wird daher höchstens das Blut einzelner Säugethiere, wie der Hauswiederkäuer, im günstigsten Falle ungefähr erkennen. Man darf aber nie mit Sicherheit sagen, daß man Menschenblut vor sich habe.

Erhaltung der Gewebe durch das Blut. §. 1010. Wir werden in der Folge sehen, daß das Blut die Ernährungserscheinungen unterhält, die den Geweben nöthigen Stoffe ausscheidet und die unbrauchbaren Verbindungen unmittelbar oder mittelst des Saugadersystemes (§. 534.) aufnimmt. Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß alle Theile des Organismus Blutgefäße zu ihrer Erhaltung und ihrem Wachsthume nöthig haben.

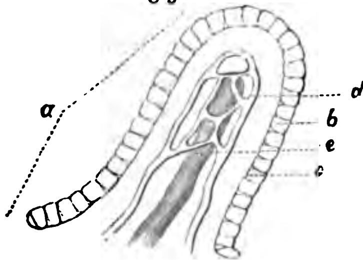
Gefäßlose und gefäßreiche Gewebe. §. 1011. Die gefäßlosen Gebilde, wie die Oberhaut (Taf. IV. Fig. LXII. a. b.), die Nägel, die Haare, die Epithelien und alle Horngewebe überhaupt enthalten in ihrem Innern weder Blutgefäße, noch

Nerven. Sie können daher ohne Blutung und ohne Schmerzenserregung verletzt werden. Die gefäßreichen Theile dagegen werden von zahlreichen Blutgefäßen und meist auch von Nerven durchzogen. Ihre mechanische Störung hat daher Blutergüsse und häufig auch Schmerzen zur Folge.

§. 1012. Die Stoffe, welche die gefäßlosen Gewebe brauchen, werden von der Matrix, d. h. von den zunächst angrenzenden blutgefäßreichen Abschnitten geliefert. Die gefäßhaltigen dagegen beziehen sie unmittelbar aus denjenigen Blutgefäßen, die in ihrer eigenen Masse verlaufen. Dieser Unterschied ist jedoch in mancher Hinsicht unbedeutender, als es auf den ersten Blick erscheint. Matrix der gefäßlosen Gewebe.

§. 1013. Betrachten wir z. B. die Fig. 192 dargestellte schematische Abbildung einer Zotte der Dünndarmschleimhaut, so müssen allerdings die Ernährungsstoffe, die das hornigte, gefäßlose Cylinderepithelium *a* nöthig hat, von den entfernten Blutgefäßnetzen der Matrix, von *d* geliefert werden. Die übrige Gesammtmasse der Zotte dagegen, die zu den sogenannten gefäßreichen Geweben gehört, besitzt auch nur das mit *d* bezeichnete Gefäßnetz. Alle Theile derselben, die nicht unmittelbar die Gefäßröhren *d* berühren, sind ebenfalls gezwungen, die Verbindungen, die sie brauchen, aus der sich allgemeiner verbreitenden, durch den Einfluß des Blutes erfrischten Ernährungsflüssigkeit zu beziehen. Da die feinsten Blutgefäße eine gewisse Summe von Nervenprimitivfasern, eine Menge von Zellgewebefäden u. s. w. umstricken, so wird sich das Gleiche auch hier wiederholen. Die durchtränkende Ernährungsflüssigkeit muß überall die Wege liefern, auf denen die erforderlichen Stoffe zu den Geweben gelangen und andere von ihnen aus in die Blutmasse eintreten können.

Fig. 192.



§. 1014. Da die gefäßreichen Gewebe von Haargefäßnetzen allseitig umsponnen und von Ernährungsflüssigkeit reichlich durchtränkt werden, so werden hier die Bahnen kurz und die Mischungen gleichförmiger ausfallen. Die dickeren Horngewebe dagegen führen zu anderen Verhältnissen. Liegt die Matrix des Haares (Taf. IV. Fig. LXIII. bei d.) an dem Grunde der Einpflanzungsstelle desselben in der Haut, so werden hier diejenigen Verbindungen, welche zur Haarspitze vordringen sollen, weit bedeutendere Strecken durchlaufen müssen. Denken wir uns 1, 2, 3, 4, Fig. 193, bezeichne die einzelnen übereinander liegenden Schichten der Oberhaut und zwar 1 die oberste und 4 die tiefste Lage, welche an die Matrix unmittelbar gränzt, so können nur die Stoffe, die 4 zurückweist, zu 3, die, welche 3 verschmäht, zu 2 u. s. f. gelangen. Jede Schicht hat daher eine um so beschränktere Aus=

Fig. 193.



wahl, je weiter sie von der Matrix entfernt liegt. Es ergiebt sich aber von selbst, daß etwas Aehnliches, obwohl in weit geringerem Maaßstabe, in gefäßreichen Geweben ebenfalls wiederkehrt.

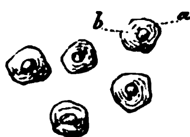
Häutung der Epidermis. §. 1015. Die dichteren Hornmassen, wie die Oberhaut, die Nägel und die Haare, sind einer fortwährenden, mehr oder minder durchgreifenden Integralerneuerung selbst im Erwachsenen unterworfen. Nehmen wir an, die Epidermis bestände zu einer gewissen Zeit aus den Lagen 1, 2, 3, Fig. 194, so stößt sich die oberste Schicht 1 meistentheils in kleinen mikroskopischen Blättchen los (Taf. IV. Fig. LXII. c.). Diese Häutung entgeht daher in der Regel dem Anblicke des freien Auges. Hält man aber einen Finger mehrere Wochen lang in Leinwand eingebunden, so findet man in dieser eine mehlartige Masse, die nur aus abgefallenen Oberhautblättchen (Taf. II. Fig. XXXII.) besteht. Während 1 auf diese Weise verloren geht, erzeugt sich in der Tiefe die neue Schicht 4, so daß die Oberhaut die Lagen 2, 3, 4 jetzt enthält. Sie hat daher an absoluter Dicke nichts verloren. Da sich das Gleiche fortwährend wiederholt, so hat der Mensch nach einiger Zeit eine ganz andere Oberhaut, als er früher besaß.

Fig. 194.



Verhornung der Oberhautzellen. §. 1016. Verfolgt man diese Veränderungen mit Hilfe des bewaffneten Auges, so sieht man, daß neue Kerne und weiche, sie umgebende Zellen in dem Malpighi'schen Schleime, d. h. in der halbfesten, an die Lederhaut unmittelbar grenzenden Oberhautschicht (Taf. IV. Fig. LXII. b.) erzeugt werden. Sie verlieren später ihren eiweißhaltigen Inhalt, platten sich ab und verhornen zum Theil in ihren Wandungen. Sie gewinnen dann ein Aussehen, wie es Taf. II. Fig. XXXIII. versinnlichen kann. Sie verwandeln sich endlich in dünnere Hornblättchen, die bisweilen in der Gegend des dickeren, aber heller gewordenen Kernes *b*, Fig. 195, aufgetrieben erscheinen. Greift die Verhornung noch tiefer durch, so wird der Kern undeutlicher oder vollkommen unkenntlich (Taf. II. Fig. XXXII.) Die ältesten Hornblättchen der Oberhaut gehen zuletzt auf die §. 1015 erwähnte Weise für den Organismus verloren.

Fig. 195.



Während sich die Hornzellen auf diese Art entwickeln, rücken sie zugleich der lagenweisen Epidermidalabschuppung wegen immer weiter nach der Oberfläche. Wir haben daher die ältesten Oberhautzellen an dieser (Taf. IV. Fig. LII. a. c.) und die jüngsten in dem Bereiche des Malpighi'schen Schleimes (Taf. IV. Fig. LXII. b.).

Einfluß des Druckes auf die Verhornung. §. 1017. Der die Haut belästigende Druck übt einen sichtlichen Einfluß auf die Dicke der Oberhautlagen und den Grad der Verhornung aus. Die Unterschiede, welchen die rauhe Hand eines Schmiedes und die zarte einer Dame darbietet, erklären sich zum Theil auf diese Weise. Man würde jedoch irren, wenn man jene Vorstellung ohne Weiteres allgemein durchführen wollte. Wir haben allerdings die dickste

Oberhaut an dem Fersentheile der Fußsohle (Taf. IV. Fig. LXII.), d. h. an der Stelle, auf welcher die Körperlast bei dem Stehen ruht. Dieser Bezirk der Oberhaut besitzt aber schon eine beträchtlichere Stärke im Embryo, zum Beweis, daß hier die wesentlichste Eigenthümlichkeit von ursprünglich gegebenen Organisationsverhältnissen ausgeht.

§. 1018. Viele Pflasterepithelien, z. B. die der Zunge und der Mundhöhle überhaupt, bestehen ebenfalls aus verschiedenen Schichten, von denen sich immer die ältesten und oberflächlichsten losschilfern. Es erklärt sich hieraus, weshalb jeder Tropfen Mundflüssigkeit eine große Menge dünner Hornblättchen zeigt (Taf. II. Fig. XXXI. a. b.). Manche zartere Pflasterepithelien, wie das der Bindehaut des Auges (Taf. II. Fig. XXIII.), deren Kerne (*b*) verhältnißmäßig umfangreicher und körniger, deren Wände dagegen schwächer zu verhornen pflegen, bieten die gleichen Erscheinungen, jedoch nur in kleinerem Maaßstabe dar. Jüngere Zellgebilde *a*, Fig. 196, liegen zwar auch unter den Flimmercylindern *b* (Taf. II. Fig. XXXVI.), die wir in der Luftröhrenschleimhaut antreffen. Wir begegnen aber hier keiner so regelmäßigen Häutung, als in den oben erwähnten Pflasterepithelien. Häutung der Epithelien.

Fig. 196.



§. 1019. Ein dünner Abschnitt des frei hervorgewachsenen Nagelrandes stellt sich unter dem Mikroskope als eine graue, undeutlich körnige, mit unregelmäßigen und nicht selten zackigen Sprunglinien versehene Masse, wie es Taf. II. Fig. XXXVII. anzudeuten sucht, dar. Hat man das Ganze eine Zeit lang in Schwefelsäure liegen lassen oder mit einer kaustischen Kali- oder Natronlösung gekocht, so findet man in der breiigten Masse eine Menge durchsichtig gewordener Hornblättchen, wie sie Taf. II. Fig. XXXVIII. zeigt. Die genauere Prüfung lehrt, daß die Masse des hornigten Nagels, so sehr sie auch auf den ersten Blick von der Oberhaut abzuweichen scheint, doch nur aus Hornzellen, welche ein fester Kitt auf das Innigste vereinigt, zusammengesetzt wird. Die oben erwähnten Striche sind nur Streifen oder Risse, die sich durch das Losschneiden der spröden Masse erzeugt haben, selten dagegen wahre Andeutungen von Schichten, die über einander liegen. Nägel.

§. 1020. Die Matrix des Nagels befindet sich unter der Nagelfläche. Sie bildet ähnliche, jedoch gerader der Länge nach verlaufende Erhabenheiten und Vertiefungen, wie wir sie an der Volarseite der Endtheile der Finger schon mit freiem Auge wahrnehmen. Starke Blutgefäßschlingen, wie es Fig. 197 anzudeuten sucht (vgl. Taf. IV. Fig. LII. e.), verlaufen in dem Innern dieser Leisten, die mit den Reihen der Tastwärzchen (Taf. IV. Fig. LXII. d. e.) der übrigen Haut im Wesentlichen übereinstimmen. Die Absonderung der jüngeren Nagelzellen geht von hier aus vor sich. Die Hornmasse des Nagels ist jedoch an der Wurzel dünner, als weiter nach

Fig. 197.



vorn. Man kann an den bisweilen vorkommenden weißen Flecken deutlich sehen, wie die Nagelmasse von der Wurzel nach vorn allmählig vorrückt, so daß zuletzt der älteste Abschnitt über die benachbarten Weichgebilde hinausragt.

Haare. §. 1021. Der Hornschaft des Haares (Taf. IV. Fig. LXIII. c.) besteht aus dreierlei Haupttheilen. Dünne Epithelialblättchen, die dachziegelartig über einander liegen und deren Ränder daher eigenthümliche, der Quere nach auf- und abgehende Linien bilden (Taf. II. Fig. XXXIX. a.), gehen an der äußersten Oberfläche herum. Einzelne von ihnen streifen sich bisweilen theilweise los und ragen allein oder in Verbindung mit Fetttropfen und zufälligen Unreinigkeiten hervor (Taf. II. Fig. XXXIX. e.). Die Hauptmasse des Haares, die streifige Rindensubstanz (Fig. XXXIX. b.), die sich zunächst in Faserbänder und dann mit Hilfe von Schwefelsäure in dünne kleine Hornblättchen zerlegen läßt, befindet sich unter der dünnen Oberhaut (b.). Man sieht endlich oft in der Mitte den mit Pigment gefüllten Markcanal (Fig. XXXIX. c.). Er fehlt aber nicht selten an einzelnen Stellen oder schließt hier wenigstens keine Pigmentmassen ein (Fig. XXXIX. zwischen c. und d.). Blassere Pigmentirungen kommen ebenfalls häufig stellenweise vor (Fig. XXXIX. d.).

§. 1022. Die rein grauen Haare haben eine weißgraue, die hellblonden eine mehr oder minder gelbe, die rothen eine gelbröthliche bis rothe, und die braunen und die schwarzen Haare eine heller oder dunkler braune Rindenmasse. Obwohl die gleichartig verbreitete Grundfarbe von dieser ihren Einfluß immer geltend macht, so erscheinen doch viele Haare dem freien Auge dunkler, weil der stark ausgebildete Markcanal viel Pigment einschließt, kleine sehr zahlreiche Pigmentabsätze in der Rinde vorkommen oder beides zugleich Statt findet. Wenn sich das blonde Haar des heranwachsenden Menschen braun färbt, so pflegt zuerst die Hauptursache in solchen zerstreuten Pigmenthäufchen zu liegen. Die Farbenveränderung der Rindenmasse folgt bisweilen später nach. Sie scheint hingegen bei dem Grauwerden der Haare von vorn herein durchzugreifen.

§. 1023. Derjenige Abschnitt des Horntheiles des Haares, der in der Haut verborgen liegt (Taf. IV. Fig. LXIII. c. d.), haftet hier in einem eigenen sackförmigen Gebilde, dem sogenannten Haarbalge (*efg*). Er wird von einer doppelten Hülle, Henle's äußerer und innerer Wurzelscheide (*e* und *f*), seitlich umgeben. Diese beiden Theile sind eigenthümliche Einsenkungen der tieferen und der oberflächlichen Oberhautschichten (*ab*). Die mittlere Lage des Haarbalges enthält nach Kölliker einfache Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LIX.), die kreisförmig herumgehen.

§. 1024. Der in dem Haarbalge haftende Abschnitt des Hornschaftes verbreitet sich häufig an seinem unteren Ende (Taf. IV. Fig. LXIII. d.), während er in anderen Fällen mehr oder minder spitz ausläuft. Die Elemente der Rindenmasse gehen hier in immer jüngere Hornzellen, je tiefer man herunterkommt, über. Man hat zuletzt die jüngsten Kerne

und Zellengebilde, die von der Matrix, d. h. dem Blute der Gefäße, die hier den Haarbalg umspinnen, abgesondert werden. Das Haar wird auf diese Art von unten her vorgeschoben. Die etwas späteren Zellen benutzen wieder diejenigen Stoffe, welche die vorangehenden übrig gelassen haben, zu ihrer ferneren Ausbildung.

§. 1025. Es ergiebt sich aus dem eben Dargestellten, daß viele der wesentlichsten Ernährungs- und Wachsthumserscheinungen von der Beschaffenheit der Matrix der genannten dichten Horngewebe abhängen. Während das Abschneiden der Haare nichts schadet und sogar den Haarwuchs aus leicht begreiflichen Gründen fördern kann, wird die Zerstörung des untersten Keimtheiles oder der Matrix zur Kahlheit führen. Innere allgemeine Krankheitsursachen, Hautausschläge, Schimmel, die in dem Haarbalge wuchern, können diese Zerstörungen veranlassen. Einfluß der Matrix der Horngewebe.

§. 1026. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die gefäßreichen Gewebe einen durchgreifenden Wechsel im Laufe der Zeit unterworfen werden. Die meisten, wo nicht alle, bieten aber keine so raschen und regelmäßigen Veränderungen dar. Viele scheinen sogar sehr lange stabil zu bleiben. Wechsel der gefäßreichen Gewebe.

§. 1027. Die Menge des Fettes schwankt mit den Ernährungsverhältnissen in hohem Grade. Die Fettmassen, die unter der Haut, in dem Gekröse, an der Außenfläche des Herzens und der großen Gefäße, zwischen den Muskeln, in der Nähe der Nerven liegen, nehmen in Menschen, die dick werden, beträchtlich zu. Alle diese Ablagerungen bestehen aus den gewöhnlichen Fettzellen (Taf. II. Fig. XXVII.). Magert hingegen ein Kranker in hohem Grade ab, so kann es vorkommen, daß man mit Kernen versehene Zellen, die nur einen oder mehrere Fetttröpfchen enthalten, unter der Haut vorfindet. Aehnliche Abweichungen kommen übrigens auch in Wassersüchtigen vor. Manche Fettmassen, die eine wesentliche Bedeutung für einzelne Muskelwirkungen besitzen, wie das Fett der Augenhöhle oder der Wangengegend, gehen übrigens in dem abgezehrtesten Menschen nicht zu Grunde. Wir werden bei den statistischen Ernährungsverhältnissen sehen, daß sich auch die Fette, die in dem Gehirn und dem Rückenmarke, und wahrscheinlich die, welche in den Nerven enthalten sind, selbst bei dem Verhungern zu behaupten pflegen. Schwankungen des Fettes.

§. 1028. Die Pigmente schließen sich den Fetten zunächst an. Sie haben bestimmte physiologische Zwecke in der Aderhaut des Auges. Es kommt daher nur in den sogenannten Albinos oder Kakerlaken (zu denen auch die weißen Kaninchen gehören) vor, daß die Pigmentzellen der Choroidea (Taf. II. Fig. XXIX.) keine schwarzen Pigmentmolecüle (Taf. II. Fig. XXVIII.) enthalten, sondern grauweiß gefärbt erscheinen. Dunkle Pigmentmassen fehlen überhaupt hier größtentheils oder gänzlich. Daher die weißen bis weißblonden Haare, die hellblaue Regenbogenhaut, die hellgelbe Gesichtsfarbe. Pigmentbildung.

Melanosen. §. 1029. Freie oder in Zellen eingeschlossene Pigmentmolecüle setzen sich häufig unter gesunden oder krankhaften Verhältnissen ab. Man findet z. B. verästelte Pigmentzellen (Taf. II. Fig. XXX.) in der Nähe der Blutgefäße, der Nerven, der Ganglien, in der harten Haut des Gehirns und des Rückenmarkes einzelner Leichen des Menschen und der Thiere, während sie in anderen an allen jenen Punkten größtentheils mangeln. Es kommt oft genug vor, daß sich bedeutende Mengen von Pigment in krankhaften Geschwülsten der verschiedensten Art erzeugen und schwarze Färbungen, sogenannte Melanosen bedingen.

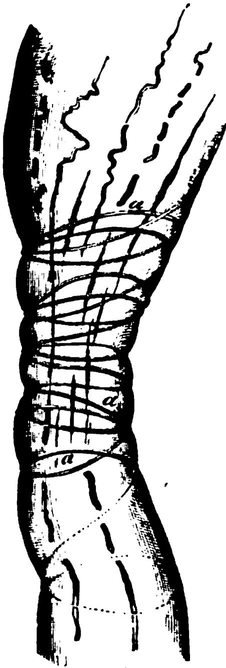
Fett und Pigment in Horngebilden. §. 1030. Fett und Pigment bilden häufig Nebenerzeugnisse des Verhornungsprocesses. Die Pigmentablagerungen, die wir in den Haaren antreffen (§. 1022.), der dunklere Teint der Haut, der vorzugsweise von der Oberhaut abhängt, erklären sich zum Theil aus diesem Grunde. Die schwarze Farbe des Negers liegt ausschließlich in den Oberhautgebilden und zwar vorzüglich in den tieferen jüngeren Epidermisschichten. Krause fand hier Pigmentzellen und eine vorherrschende Masse dunkelbrauner Kernbildungen.

Muskeln. §. 1031. Wie sich die Menge der Fettzellen in einem dick werdenden Menschen vergrößert, so nehmen die Muskeln, wenn sie durch gute Nahrung und Arbeit gestärkt werden, an Umfang und vorzüglich in ihren Querdurchmessern zu. Nun lehrt die mikroskopische Untersuchung, daß die mittlere Breite der quergestreiften Fasern (Taf. IV. Fig. LIV.) eines kräftigen Arbeiters und eines schwächlichen abgezehrten Mädchens nicht wesentlich oder wenigstens so sehr abweichen, daß sich jene Umfangsvergrößerung der ganzen Fleischmasse aus der der einzelnen Elementartheile erklären ließe. Es ergiebt sich hieraus, daß sich nach und nach neue Muskelfasern erzeugen, wenn ein Mensch durch anhaltende Arbeit, durch Turnübungen muskulöser wird. Man darf mit Recht vermuthen, daß etwas Aehnliches für die Nervenfasern wiederkehrt. Die Dicke der Nervenstämme wächst jedoch nicht immer so auffallend, als die der Fleischmassen.

Jüngere Entwickelungsstufen in älteren Gewebtheilen. §. 1032. Viele gefäßreiche Organe des Erwachsenen besitzen einzelne Gewebtheile, die jüngere Entwickelungsstufen anzudeuten scheinen. Die dichtere Masse der Krystallinse des Auges besteht aus eigenthümlichen stärkeren und feineren Fasergebilden, den sogenannten Linsenfasern (Taf. IV. Fig. LVI. und LVII.). Man findet dagegen eine halbflüssige Masse, die Morgagni'sche Feuchtigkeit zwischen der festen Linse und der sie einhüllenden Linsenkapsel. Sie enthält eine Menge von Kugeln (Taf IV. Fig. LV.), welche an die Elemente der ersten Ablagerungen der Linsensubstanz im Embryo erinnern. Viele Knorpel haben einfachere Knorpelkörper in ihrem Umkreise und zusammengesetztere mehr nach der Mitte hin. Die quergestreiften Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LIV. b.) besitzen eine Hülle, das Sarcolemma oder Myolemma, an dem die mannigfachsten Kernbildungen bemerkt werden. Wenn wir die Zellgewebebündel (Taf. III. Fig. XL.) mit Essigsäure behandeln, so wird das Ganze gallertartig,

durchsichtig und gleichförmig (Taf. III. Fig. XLI. a). Es kommen aber dann eigene Fasern, sogenannte Umhüllungsfasern (Taf. III. Fig. XLI. b.), die den elastischen Fasern (Taf. III. Fig. XLII. und XLIV.) in hohem Grade verwandt sind, zum Vorschein. Sie umringen bisweilen das Zellgewebebündel, wie es Fig. 198 nach Henle darstellt. Man sieht aber auch, daß einzelne dieser Fasern unvollständig sind und nur aus einer Menge verlängerter Kerne, die in Längsreihen in gewissen Entfernungen stehen, zu bestehen scheinen. Die obere Hälfte von Fig. 198 wird dieses näher versinnlichen.

Fig. 198.



Aehnliche Kern- und Zellenbildungen kehren auch in der ersten Embryonalentwickelung der Gewebe wieder. Jene im Erwachsenen vorkommenden Theile lassen daher eine doppelte Deutung zu. Man betrachtet sie als den Ausdruck einer fortwährenden Integralerneuerung der Masse oder sieht sie als Werkzeuge an, die sich der Nebenverhältnisse wegen nicht so vollkommen als ihre Nachbarn ausbilden. Diese zweite Auffassungsweise scheint sich der Wahrheit mehr als die erstere anzunähern.

§. 1033. Es kommt unter gesunden oder krankhaften Verhältnissen häufig vor, daß sich reichliche Mengen von Aschenbestandtheilen, vorzüglich von Kalksalzen in knorpeligen oder faserigen Geweben absetzen. Die Verknöcherung oder die Ossification, d. h. der Uebergang in ächte Knochenmasse, besteht aber nicht bloß in der reichlichen Ablagerung dieser unorganischen Verbindungen, sondern auch in gleichzeitigen bestimmten Structurveränderungen. Fehlt der ächte Knochenbau der erhärteten Masse, so unterscheidet man auch häufig den Vorgang mit dem besonderen Namen der Verkalkung oder der Vererdung. Verknöcherung und Verkalkung.

§. 1034. Der ächte Knochen geht aus Knorpel hervor. Dieser besteht aber aus einer Grundmasse oder einer Intercellularsubstanz (Taf. III. Fig. XLV. a.), in der die Knorpelkörper (*bcd*) eingebettet liegen. Sie bilden einfachere (*c*) oder zusammengesetztere Zellen (*bcd*), deren Wände nicht selten verdickt sind und die als Mutterzellen kleinere oder Tochterzellen einschließen. Die eingeschachtelten oder die kleinsten Zellen überhaupt besitzen oft Hohlräume (*e*), die einzelnen Oeltropfen ihrer dunklen Ränder wegen auf den ersten Blick ähnlich sehen. Regelrechte Knochenbildung.

§. 1035. Zwei verschiedene Fälle können nach H. Meyer[36]) bei der Verknöcherung der Knorpel zum Vorschein kommen. Die Grundmasse vererdet vor den Knorpelkörpern in allen Knorpelmassen, die wir in dem erwachsenen Menschen als Knochen antreffen. Man stößt hin-

gegen auf das Umgekehrte in den Knorpeln der Nase, des Kehlkopfes, der Rippen und der Faserknorpel, wenn sich Verknöcherungspunkte in diesen Gebilden ablagern.

§. 1036. Prüft man einen dünnen Schnitt eines verknöchernden Röhrenknochens, z. B. des Schienbeines eines Säuglings, unter schwacher Mikroskopvergrößerung, so sieht man, daß die Knorpelkörper der an die Knochenmasse (Taf. IV. Fig. LI. b. c.) grenzenden Knorpelsubstanz (*a b*) in gewissen Haufen, die oft Längsreihen darstellen, beisammen liegen. Die Hauptrichtung derselben (*de*) gleicht der der längeren Knochenbälkchen der schon erzeugten Knochenmassen (*bc*). Bedient man sich stärkerer Vergrößerungen, so bemerkt man, daß die einzelnen Gruppen von Knorpelkörpern Tochterzellen, die sich in Mutterzellen befinden, zu entsprechen pflegen. Dieser Umstand bildet jedoch kein nothwendiges Bedingungsglied des uns hier beschäftigenden Verknöcherungsprocesses. Viele Knorpel des Embryo enthalten nur einfache Knorpelzellen.

§. 1037. Die Kalksalze setzen sich zunächst in der Grundmasse, die sich zwischen den Knorpelzellen hinzieht, ab. Obgleich sie sich mit dieser chemisch verbindet, so findet man doch auch häufig einzelne feine Kalkmolecüle, die sich an manchen Stellen zusammenballen und später mit der übrigen Knochenmasse bis zur Unkenntlichkeit verschmelzen. Es erzeugen sich auf diese Weise Knochenbälkchen (Taf. IV. Fig. LI. b. c.), die sich einerseits wechselseitig verbinden und andrerseits mit einfachen oder gabeligen Aesten (*be*) in den benachbarten Knorpel hineinwachsen. Sie fassen die einfachen oder die zusammengesetzten Knorpelzellen zwischen sich. Diese verlieren sich da, wo sich Markräume (*f*) erzeugen, mit der umgebenden Zwischensubstanz nach und nach gänzlich. Der größte Theil ihrer Masse vererdet aber ebenfalls, wo jene Vernichtung nicht durchgreift. Es bleibt nur die centrale Höhle (Taf. III. Fig. XLV. e. entsprechend), welche Aeste in die Verdickungswände hineinsendet, übrig. Sie verwandelt sich in ein Knochenkörperchen (Taf. III Fig. XLVII. e. Fig. XLVII. b. c.) des bleibenden Knochens.

§. 1038. Greift die zweite oben erwähnte Ablagerungsweise der Erdsalze durch, so schlagen sich die Kalkkörner in den Wänden und dem Inneren der Knorpelzellen nieder. Sie verschmelzen wiederum häufig zu einer fortlaufenden Masse. Geht die Intercellularsubstanz in Knochen über, so wiederholt sich der feinkörnige Absatz an der Außenfläche der Zellenwand. (Vgl. Taf. III. Fig. XLV. b. c. d. e.)

Rinden- und Markmasse der Knochen.

§. 1039. Betrachten wir einen feinen Schliff eines ausgebildeten Knochens unter schwacher Vergrößerung, so finden wir, daß die Grundmasse (Taf. III. Fig. XLVI. a.) eine Menge von Hohlräumen (*b*), die Markcanäle und zahlreiche kleine Gebilde (*c*), die Knochenkörperchen, darbietet. Untersucht man nur einen dünnen Querschliff, z. B. der dichten Substanz des Oberschenkelbeines des Menschen unter stärkeren Linsen, so sieht man die runden bis länglich runden Durchschnitte der Lumina der Markcanäle (Taf. III. Fig. XLVII. b.). Manche von diesen,

die schief in die Tiefe hinabgehen (*c*), zeigen sich auch in einem Theile ihres Längenverlaufes. Ein Längenschliff des Knochens führt häufig zu einer Seitenanschauung dieser Hohlräume (Taf. III. Fig. XLVII. a.) Sie besitzen einen verhältnißmäßig geringen Umfang in der dichten Knochenmasse oder der Rindensubstanz, d. h. der äußeren oberflächlichen Schichten der meisten Knochen. Die innere schwammigte Knochenmasse oder die Marksubstanz dagegen entsteht dadurch, daß die Markcanäle vor den zwischen ihnen befindlichen Knochenbalken vorherrschen.

Feinerer Bau der Knochen.

§. 1040. Die Querschliffe der dichten Knochentheile lehren unmittelbar, daß hier einzelne Knochenblätter um die Markcanäle concentrisch herumgehen (Taf. III. Fig. XLVII. d.). Die dünneren Knochenbalken der Markmasse dagegen bieten diese Erscheinung nicht dar. Die Knochenkörperchen (Taf. III. Fig. XLVII. e. Fig. XLVIII. b. c.), die der concentrischen Anordnung in jenem ersteren Falle zu folgen pflegen, lassen die Knochenstrahlen, die sich wechselseitig vereinigen und auch ein selbstständiges Netzwerk an einzelnen Stellen bilden können, nach allen Seiten hin hervortreten (Taf. III. Fig. XLVIII. d.). Obgleich sie oft bei durchfallendem Lichte schwarz und bei auffallendem weiß erscheinen, so führen sie doch häufig im Leben nur eine Flüssigkeit und keine Kalkkörner. Diese können jedoch auch in einzelnen Knochenkörperchen vorkommen. Sind die Letzteren in sehr dünnen Knochenblättchen enthalten, so erscheinen sie meistentheils hell und durchsichtig, so daß man sich hier von der Abwesenheit aller mechanisch abgelagerten Kalksalze unmittelbar überzeugt.

Markhaut und Beinhaut.

§. 1041. Die Markräume besitzen eine auskleidende Membran, die Markhaut und Blutgefäße, welche das Innere des Knochens durchziehen. Bilden sie größere Höhlungen, so kommen noch, wenn sie einen beträchtlicheren Umfang einnehmen, Fettzellen (Taf. II. Fig. XXVII.), deren Anhäufung das sogenannte Knochenmark erzeugt, hinzu. Diese Inhaltstheile füllen jedoch nicht alle Markcanäle vollständig aus. Wasserdämpfe und wahrscheinlich auch andere elastisch flüssige Körper ergänzen dann vermuthlich das Fehlende in den Knochen des lebenden Geschöpfes. Wie die Markhaut die Oberflächen der inneren Knochenhöhlen überzieht, so bekleidet eine andere Fasermembran, die Beinhaut oder das Periost, die Außenseite derselben.

Erste Bildung der Knochenmasse.

§. 1042. Geht der Knorpel auf die §. 1036 erwähnte Weise in Knochen über, so erzeugt sich zunächst nur eine schwammigte Knochenmasse. Diese reicht daher in sehr jungen Knochen bis zur Oberfläche derselben. Die Natur ergänzt später auf doppeltem Wege. Es scheidet sich neuer Knochen unter der Beinhaut ab. Die einzelnen Knochenbälkchen vergrößern sich aber auch durch fernere schichtweise Ablagerungen. Die §. 1040 erwähnte concentrische Anordnung der Knochenblätter rührt zu einem großen Theile hiervon her.

Angebliche Integralerneuerung der Knochen.

§. 1043. Viele Forscher haben angenommen, daß die Knochen und die Zähne einer unausgesetzten Integralerneuerung unterworfen sind. Man stützte sich hierbei auf die Folgen, welche die Fütterung mit Färber-

röthe nach sich zieht. Hat man nämlich die Nahrung einer jungen Taube oder eines jungen Schweines mit Krapp oder mit Alizarin vermischt, so findet man nach einiger Zeit, daß die Knochen rosenroth erscheinen. Wechselt man aber mit Krappfütterung und gewöhnlichen Nahrungsmitteln wochenweise ab, so bemerkt man später, daß die Knochen einzelne rothe und andere weiße Schichten enthalten. Manche Beobachter glaubten annehmen zu können, daß diese Knochenmassen nach und nach der fortwährenden Integralerneuerung wegen neu erzeugt werden, daß die rothen Lagen den Zeiten der Färberröthefütterung und die weißen denen der gleichgültigeren Nahrungsmittel angehörten. Die Beinhaut sollte vorzüglich die jungen Knochentheile absetzen und die Markhaut die ältesten auffsaugen. Es würde daher die Erneuerung der Knochenmasse von außen nach innen fortschreiten. Sie verfolgte aber in den Zähnen die umgekehrte Bahn. Derjenige Theil der ächten Zahnsubstanz, der am Meisten nach innen liegt und an das gefäß- und nervenreiche Zahnsäckchen stößt (Taf. III. Fig. XLIX. a.), sei der jüngste, der hingegen, welcher an den Schmelz (*b c*) grenzt (*b*), der älteste. Nur die ächte mit Zahnröhrchen versehene Zahnmasse (Taf. III. Fig. XLIX. a. d. b.) und das aus Knochen bestehende Cäment (Taf. III. Fig. L.), nicht aber der Schmelz (Taf. III. Fig. XLIX. b. c.) nehmen die rothe Färbung an.

Diese Beobachtungen sprechen noch nicht für einen anhaltenden raschen Wechsel der eben erwähnten Hartgebilde. Der Farbestoff des Krapps geht in das Blut, das eine rosenrothe Farbe erhält, über. Er verbindet sich leicht mit Kalksalzen, wie künstliche chemische Versuche deutlich erhärten. Es werden daher diejenigen Theile der Knochen und der Zähne, welche an die Blutgefäße zunächst grenzen, roth gefärbt. Die mikroskopische Untersuchung unterstützt diese Voraussetzung. Hört man mit der Fütterung auf, so werden die rothen Massen von Neuem gelblich. Diejenigen Bezirke, welche den Gefäßen am Nächsten liegen, müssen auch jetzt im Vortheil sein. Die mikroskopische Prüfung deutet in der That an, daß die weißen Lagen aus keinen neuen Schichten, sondern aus Theilen, die ihren Farbestoff wieder abgegeben haben, bestehen. Die wechselnde Färbung selbst zeigt sich übrigens am Lebhaftesten in jungen Thieren, deren Knochen ihr Wachsthum noch nicht vollendet haben.

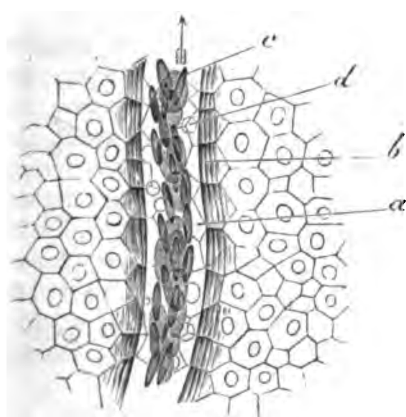
§. 1044. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß sich langsame, in längeren Zeiträumen durchgreifende Veränderungen in den Knochen und den Zähnen, wie in den übrigen Körpertheilen, geltend machen. Die Markmasse pflegt in alten Leuten verhältnißmäßig zuzunehmen. Hatte Chossat Hühner mit Getraidekörnern, denen keine Steinchen beigemischt waren, gefüttert, so wurden die Knochen allmählig dünner und aus diesem Grunde brüchiger oder biegsamer. Sperrt man einen Nager, z. B. eine Maus, Monate so ein, daß er nichts benagen kann, so wachsen seine Nagezähne aus, krümmen sich und dringen selbst in den Kiefer mit ihren Spitzen hinein.

§. 1045. Die Grundmasse des jungen Knorpels erscheint fast vollkommen gleichartig. Man findet dagegen in den meisten Gelenkknorpeln und in vielen anderen Knorpelmassen des Erwachsenen, daß sie einen körnigen bis körnig faserigen Bau darbietet (Taf. III. Fig. XLV. a.). Die sogenannten Faserknorpel führen noch einen Schritt weiter. Die Grundsubstanz besteht hier ausschließlich aus Fasern, in deren Zwischenräumen die Knorpelkörper liegen. Es kann nun in späteren Jahren vorkommen, daß nicht nur die Grundmasse, sondern auch der größte Theil der Knorpelzellen der früheren ächten Knorpel in Fasern an einzelnen Stellen umgewandelt wird. Es ereignet sich umgekehrt, daß das Ganze erweicht und gallertig bleibt oder zuletzt noch verloren geht und Hohlräume auf diese Weise zu Stande kommen. Faser- und Höhlenbildung in den Knorpeln.

§. 1046. Gewisse Störungen des Kreislaufes und der Ernährung liegen dem Blutandrange oder der Congestion, der Entzündung oder der Inflammation und den mannigfachen Folgen dieser Unregelmäßigkeiten zum Grunde. Man stellt sich vor, daß eine zu große Blutmenge einen Theil, der von einer activen Congestion befallen wird, durchsetzt, sich dagegen in ihm bei der passiven Blutüberfüllung dauernd anhäuft. Die Blutergüsse im Gehirn, die den Schlagfluß oder die Apoplexie bedingen, hängen mit den eben erläuterten krankhaften Kreislaufsverhältnissen innig zusammen. Congestion.

§. 1047. Man hat bis jetzt die ersten mikroskopischen Entzündungserscheinungen nur an der Schwimmhaut der Frösche (§. 651.) beharrlicher zu verfolgen gesucht. Diese Thiere, manche andere Reptilien und die meisten Fische gewähren zwar den Vortheil, daß die Prüfung ihrer Kreislaufsverhältnisse keine wesentliche Nebenverletzungen voraussetzt. Die Beobachtungen aber, die man an ihnen anstellt, werden immer nur unvollständige Ergebnisse liefern, weil hier die Entzündung selbst träger verläuft und die nachfolgende Ausschwitzung sparsamer ausfällt. Warmblütige Geschöpfe, wie die Fledermäuse, könnten hier zu mikroskopischen Studien besser benutzt werden. Entzündung.

Fig. 199.

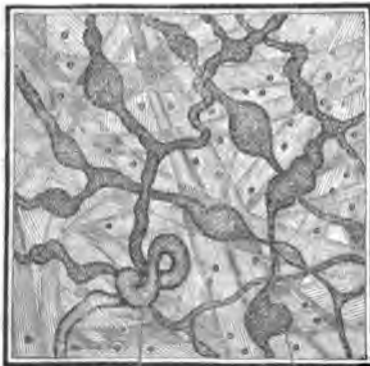


§. 1048. Hat man eine Stelle der ausgespannten Schwimmhaut des Froschfußes mit einem glühenden Drathe angebrannt oder mit einem Tropfen einer Mineralsäure befeuchtet, so sieht man bisweilen, daß die Blutkörperchen *c*, Fig. 199, in der Nachbarschaft der Verletzungsstelle rascher hindurcheilen. Man findet aber bald darauf, daß das Blut in einem gewissen Bezirke vollkommen stockt.

Es hat alsdann auf den ersten Blick das Aussehen, als seien die Gefäße erweitert worden. Ein eigener Umstand führt aber hierbei zu wesentlichen Täuschungen. Der schmale Seitenraum *a*, der sonst die unbewegliche Schicht bildet (§. 656.) und früher mit fast farbloser Blutflüssigkeit größtentheils gefüllt war, enthält jetzt ebenfalls zahlreiche Blutkörperchen. Das ganze Gefäß wird hierdurch röther und scheinbar breiter. Eine wahre Durchmesservergrößerung kann man im Anfange auf dem Wege der mikrometrischen Messung, wenigstens in der Schwimmhaut des Frosches, nicht nachweisen.

§. 1049. Die mittleren und die kleineren Blutgefäße der entzündeten Theile des Menschen und der Säugethiere sind mit Blut beträchtlich angefüllt. Die Entzündungsröthe, d. h. die auffallend rothe Färbung der ergriffenen Bezirke, erklärt sich aus dieser Thatsache. Die Querdurchmesser der Gefäßröhren vergrößern sich wahrscheinlich hierbei, wenn die Blutüberfüllung eine Zeit lang gedauert hat. Hasse, Koelliker, Ecker, Harting und ich bemerkten bisweilen in entzündeten Stellen des Gehirns, der Schilddrüse, der Luftröhre und des Eierstockes, daß manche Gefäße bauchigte Erweiterungen besitzen, wie es Fig. 200 aus einem entarteten Eierstocke nach Harting darstellt. Hasse und H. Müller beobachteten endlich noch in den feineren Hirngefäßen Schlagflüssiger, daß die inneren Häute an einzelnen Punkten geborsten waren und sich Blut zwischen ihnen und der Außenhaut ergossen hatte. Man fand daher eine Reihe von Anschwellungen, an denen nicht das ganze Gefäßrohr, wie in dem Fig. 200 abgebildeten Falle Theil nahm.

Fig. 200.



Ausschwitzung entzündeter Gewebe.

§. 1050. Die mit stockendem Blute gefüllten Gefäße enthalten eine vorherrschende Menge gefärbter Blutkörperchen (§. 658.). Die Art und Weise, wie bisweilen der Kreislauf zu dem regelrechten Zustande zurückkehrt, ist schon §. 661 geschildert worden. Geschicht dieses nicht, so verwandelt sich das Ganze in eine geronnene rothe, körnige Masse, in der die einzelnen Blutkörperchen immer undeutlicher werden. Die Wände der benachbarten Gefäße sind zugleich einem stärkeren Drucke des Widerstandes jener unverrückbaren Massen wegen mehr oder minder ausgesetzt. Eine flüssige Masse, die sich ihren Platz in den Nachbartheilen erzwingt, tritt deshalb in reichlicherer Menge hervor. Wir erhalten auf diese Weise eine Ausschwitzung oder ein Exsudat, das die Gewebe auftreibt und eine Geschwulst erzeugt.

§. 1051. Die Ausschwitzungen bilden nicht immer eine Folge der eben erwähnten Entzündungserscheinungen. Eine sehr wasserreiche Blut-

masse, eine regelwidrige Porosität der Gefäßwände, ein zu starker Blutdruck oder der Mangel der entsprechenden Lympheinsaugung (§. 534.) können zu dem gleichen Ziele führen. Die Beschaffenheit dieser, wie der entzündlichen Exsulate wechselt aber mit der Verschiedenheit der Einzelverhältnisse in hohem Grade.

§. 1052. Sehr flüssige Ausschwitzungen, wie wir sie in den meisten wassersüchtigen Ergüssen finden, bewahren in der Regel ihre tropfbare Consistenz im Leben und nach dem Tode. Sie pflegen mehr oder minder beträchtliche Mengen von Eiweiß, von gelbem Farbestoff, von Salzen und bisweilen auch Harnstoff zu enthalten. Es gehört zu den Seltenheiten, daß die abgezapfte Flüssigkeit eines Bauchwassersüchtigen ein Faserstoffgerinnsel im Freien absetzt. Viele entzündliche Ausschwitzungen dagegen schlagen Festgebilde schon in dem lebenden Körper nieder. Sie bestehen häufig aus gallertigen, sich leicht faltenden oder unregelmäßig reißenden Massen. Eiweißkörnchen oder Fetttröpfchen lassen sich oft auf oder zwischen ihnen unter dem Mikroskope wahrnehmen.

§. 1053. Andere Absätze der Art zeigen schärfer ausgebildete Elementarbestandtheile. Sie enthalten sogenannte Exsudatkörperchen, Entzündungskugeln oder Körnchenzellen (Taf. II. Fig. XXV. d.), d. h. körnige runde Zellgebilde, an denen man eine helle Hüllenmasse und kleine Inhaltskörnchen zunächst erkennt. Das Wasser bringt viele von ihnen zum Bersten. Es macht den noch vorhandenen Kern in andern deutlicher. Dieser kerbt sich endlich unter dem Einflusse der Essigsäure so ein, daß er mehrere gesonderte Abtheilungen darbietet. Man hat diese Erscheinung, die auch in den Nuclearbildungen anderer ähnlicher Zellen wiederkehrt, mit dem Namen der Spaltung des Kernes bezeichnet. Ausschwitzungskörperchen.

§. 1054. Ganz frische, mit keinen fremden Flüssigkeiten vermengte Ausschwitzungen der Thiere lehren, daß sich jene Exsudatkörperchen mit hellen Zellenringen, die unter Wasser wie Seifenblasen platzen, umgeben können. Man wird wahrscheinlich diese Beobachtung an menschlichen Leichen nie machen, weil hier schon immer zerstörende Mischungen vorher eingewirkt haben. Organisation der Ausschwitzung.

§. 1055. Bildet sich die Ausschwitzung weiter aus, so bemerkt man Bandstreifen, die einen länglichen Kern (Fig. 201 *a*) oder mehrere Nuclei in bestimmten Entfernungen (Fig. 201 *b*) besitzen. Diese Kernformen verschmälern und verlängern sich oft späterhin. Sie erblassen hierauf und schwinden endlich gänzlich. Die Faserbänder werden fester und enthalten dann Fäden, die denen des Zellgewebes (Taf. III. Fig. XL.) gleichen, als ihre feinsten Bestandtheile. Man hat auf diese Weise die sogenannten Narbenfasern oder Narbenfäden, d. h. die letzten Narbenelemente, durch welche die Wunden zusammenheilen. Sie Narbenfasern.

Fig. 201.



zeichnen sich durch ihre beträchtliche Festigkeit aus und heften die getrennten Theile auf das Dichteste zusammen.

Eiter. §. 1056. Der Eiter gehört zu den eigenthümlichen Abarten der Ausschwitzungsmassen. Er besteht aus einer flüssigeren Grundmasse, der Eiterflüssigkeit, und zahlreichen eigenthümlichen, mechanisch vertheilten Festgebilden, den Eiterkörperchen. Diese stimmen im Wesentlichen mit den §. 1053 geschilderten Exsudatkörperchen überein. Sie zeigen nur bisweilen eine etwas gelblichere Färbung unter mäßigen Vergrößerungen. Die chemische Prüfung deutet auch darauf hin, daß sie größere Fettmengen einschließen.

Jauche. §. 1057. Die Grundflüssigkeit der Jauche weicht von der des gewöhnlichen guten oder des sogenannten balsamischen Eiters wesentlich ab. Sie besitzt mehr oder minder ätzende Eigenschaften. Sie zerstört daher viele der nebenbei vorhandenen Eiterkörperchen und die Bestandtheile der Nachbargewebe ihres Aufenthaltsortes.

Erste Vereinigung. §. 1058. Soll eine eiternde Wunde zur Heilung kommen, so muß die Eiterung selbst abnehmen. Die Eitererzeugung bildet mithin einen hindernden Umweg, durch den Zeit und eine gewisse Menge von Körpersäften verloren gehen. Man sucht deshalb die Wunden durch die sogenannte erste Vereinigung, wo es die Nebenverhältnisse irgend gestatten, heilen zu lassen. Die Exsudate gehen hier der Narbenbildung geraden Weges entgegen.

Heilung durch Eiterung. §. 1059. Eine eiternde Wunde, die sich schließen will, sondert zunächst weniger Eiterflüssigkeit ab. Es können sich hierbei die Eiterkörperchen gleich einem Niederschlage anhäufen. Sie allein oder eine Mischung von ihnen und den Ueberresten der zerstörten Gewebe bilden die sogenannten Eiterpfröpfe. Die Exsudatkörperchen, die sich statt der früheren Eiterkörperchen später erzeugen, häufen sich zu wuchernden Wärzchen, den Granulationen oder dem unpassend sogenannten wilden Fleische zusammen. Der Schluß der Heilung und der Narbenerzeugung gleicht im Wesentlichen dem der ersten Vereinigung.

Brand. §. 1060. Der Brand bildet einen anderen Ausgang der Entzündungserscheinungen. Der Mangel der Blutzufuhr oder gewisse Vergiftungen des Blutes liefern die gewöhnlichste Ursache dieses zerstörenden Ernährungswechsels. Die Theile entfärben sich hier und werden häufig kohlschwarz. Sie trockenen mumienartig ein oder zerfließen vor Fäulniß. Man findet oft unter dem Mikroskope kleine schwarze Körnchen, die man mit dem Namen der Brandkörperchen bezeichnet und die den Pigmentmoleculen (Taf. II. Fig. XXVIII.) in vieler Hinsicht ähnlich sehen. Schmierige Blutmassen, zerstörte Gewebtheile, flüssige und halbflüssige Ausschwitzungen, Krystalle, vorzüglich von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia (Taf. I. Fig. XVII. k. i. l.), kommen als zufällige Gemengtheile in der Regel vor.

§. 1061. Was dem Brande verfallen, ist für den Organismus verloren gegangen. Der glücklichste Ausweg besteht daher darin, daß

eine neben der Brandstelle erzeugte Eiterbildung das Todte losstößt und eine heilende Wundfläche herbeiführt. Ausgedehnte Körpertheile können auf diese Weise entfernt werden. Es ereignet sich z. B. nicht selten, daß sich erfrorene Füße mittelst einer Demarkationslinie, d. h. mit einer eiternden Ringstelle von selbst lostrennen oder daß der Chirurg nur die Knochen zu durchsägen hat, um die Amputation zu vervollständigen.

§. 1062. Ist ein Stück eines Organes in Folge einer Verwundung verloren gegangen, so können zwei Fälle eintreten. Das Entfernte ersetzt sich nicht wieder oder es stellt sich im Laufe der Zeit von Neuem her. Halten wir uns an den Menschen und die höheren Thiere, so besitzen manche Gewebe ein Wiedererzeugungs- oder ein Reproductionsvermögen, während es anderen abgeht. Viele niedere Geschöpfe dagegen können alle ihre Theile ohne Unterschied unter passenden Nebenverhältnissen abermals ausbilden. Wiedererzeugung.

§. 1063. Ein Gewebe, das sich nicht wiedererzeugt, heilt durch Narbenfasern zusammen. Ist zum Beispiel ein Muskel durchschnitten worden, so liefern später Bruchstücke der Verletzungsstelle mikroskopische Bilder, wie es Fig. 202 darstellt. Die quergestreiften Muskelfasern *a* hören scharf auf. Die Narbenmasse *b* dagegen besteht aus den §. 1055 beschriebenen Narbenfasern. Etwas Aehnliches kehrt in der äußeren Haut, den Schleimhäuten, den Knorpeln, dem Gehirn und dem Rückenmark und den meisten anderen Körpergebilden wieder. Ersatz durch Narbenmasse.

Fig. 202.



§. 1064. Die Krystalllinse des Auges, die Nervenfasern und die Knochen gehören zu denjenigen Theilen, die sich in dem Menschen und den Säugethieren häufig wiedererzeugen. Die neuen Gewebe entwickeln sich hier im Wesentlichen nach denselben Gesetzen, nach denen sie im Embryo ursprünglich entstehen. Gewebe des Menschen, die sich wiedererzeugen.

§. 1065. Hat man die Krystalllinse (Taf. I. Fig. XII.) Wiederherstellung der Krystallinse.

eines Kaninchens ausgezogen, die Linsenkapsel dagegen möglichst unversehrt gelassen, so kann sich nach und nach eine neue Linsenmasse, welche die gewöhnlichen Linsenfasern (Taf. IV. Fig. LVI. und LVII.) enthält, wiedererzeugen. Der graue Staar des Menschen besteht in einer Trübung der Krystalllinse. Diese hindert dann das Sehen, wie ein Schirm, der die Lichtstrahlen nicht durchläßt. Man sucht deshalb das Gesicht wiederherzustellen, indem man die Linse auszieht oder nach einem anderen, nicht schädlichen Orte des Auges schiebt. Eine neue Linse bildet sich hier später in den seltensten Fällen. Manche Forscher haben aber eine Masse, die der Linsensubstanz wenigstens nach dem Urtheile des unbewaffneten Auges glich, in einzelnen Leichnamen früherer Staaroperirter vorgefunden.

Wiedererzeugung der Nerven.

§. 1066. Die beiden Hälften *a* und *b*, Fig. 203, eines durchschnittenen Nervenstammes ziehen sich elastisch zurück. Es erzeugt sich daher eine größere oder kleinere Lücke *cd*, Fig. 203. Bleiben *c* und *d* einander zugewandt, so füllt sich *cd* mit einer Ausschwitzung, die sich nach und nach weiter fortbildet und einen Knollen, *cd*, Fig. 204, der dicker als der übrige Nervenstamm ausfällt, darstellt. Neue Nervenfasern, welche die älteren von *a* und *b* wechselseitig vereinigen, erzeugen sich in dem Bereiche von *cd*. Sie gehen von den älteren Nerven, von *c* und *d* aus, sind anfangs grau, führen später ächtes Nervenmark, zeichnen sich aber meist durch ihre schmaleren Durchmesser aus. Der übrige Theil des Knollens verwandelt sich allmählig in Narbenfasern (§. 1055.). Sein Umfang pflegt im Laufe der Zeit abzunehmen. Es ereignet sich sogar, daß man keine Spur von ihm nach Jahren vorfindet, oder daß dann selbst eine Einschnürung an der früheren Verletzungsstelle vorkommt. Hat man ein Stück aus dem Nerven herausgeschnitten, so kann sich der eben geschilderte Vorgang in ähnlicher Weise wiederholen.

Fig. 203. Fig. 204.



§. 1067. Sollen sich die Nerven wiedererzeugen, so müssen die Enden der Nervenfasern einander zugekehrt bleiben und die Lücke keine zu große Länge besitzen. Dreht man das eine der beiden Nervenstücke oder erhält es sonst in einer Lage, in der keine freie Schnittfläche zum Ausgangspunkte des ferneren Wachsthumes zu dienen vermag, so bleibt auch die Wiederherstellung aus. Gelingt aber auch diese unter den oben erwähnten günstigen Nebenbedingungen, so scheinen doch nur selten alle Primitivfasern ihre frühere Beschaffenheit wieder zu gewinnen.

§. 1068. Wenn sich der durchschnittene Nerv nicht wieder erzeugt, so können das eine oder beide Enden desselben knollig werden oder umgekehrt in verdünntere, an Nachbartheile geheftete Massen (vergl. *e*, Fig. 204) auslaufen. Viele Fasern des peripherischen Abschnittes ver-

lieren später ihr Nervenmark, werden grau und blaß und gehen endlich wahrscheinlich gänzlich zu Grunde. Der ganze Nerv verdünnt sich daher und erhält ein grau-weißes mattes Aussehen. Die andere mit dem Rückenmarke oder dem Gehirn zusammenhängende Hälfte pflegt dieser Zerstörung in geringerem Maaße unterworfen zu sein. Einzelne Primitivfasern werden aber auch hier aufgesogen.

§. 1069. Versuche, die an dem freien Halsknoten des herumschweifenden Nerven des Kaninchens angestellt wurden, lehrten, daß sich auch die Ganglienkugeln (Taf. V. Fig. LXXII.) wiedererzeugen können. Es kommt unter krankhaften Verhältnissen in seltenen Fällen vor, daß zahlreiche blasse Ganglienkugeln an Nerven, die sonst keine Knotenbildungen besitzen, angetroffen werden. Wiederherstellung der Ganglienkugeln.

§. 1070. Die Heilung der Knochenbrüche fußt auf dem Wiedererzeugungsvermögen der Knochen. Eine neue Masse, der Callus, kittet hier die Lücke zusammen. Sie fällt in der Regel fester als die übrige Knochensubstanz aus. Greift keine krankhafte Erweichung oder Verdünnung störend ein, so giebt später der Knochen in seinem übrigen Verlaufe leichter, als in seinem Callus nach. Heilung der Knochenbrüche.

§. 1071. Ist der Röhrenknochen eines Gliedes der Quere nach vollständig gebrochen, so schieben die Muskeln die beiden Abschnitte mehr oder minder über einander. Die Extremität verkürzt sich hierdurch. Der Wundarzt muß daher die frühere Länge durch künstliche Streckung herstellen und mit Schienen- oder mit Kleisterverbänden, bis ein hinreichender fester Callus vorhanden ist, erhalten. Wird diese Vorsichtsmaßregel gar nicht oder unvollständig durchgeführt, so heilen die Knochen, wie sie sich verschoben haben, zusammen. Das Glied bleibt daher auch in entsprechendem Maaße verkürzt.

Fig. 205.

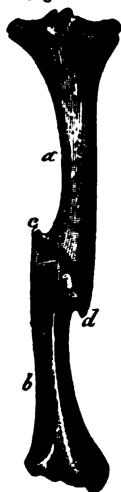


Fig. 206.

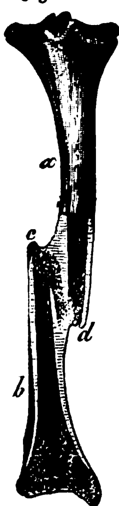


Fig. 205 kann uns diesen letzteren Fall näher versinnlichen. Wir haben hier die verkleinerte Abbildung des Schienbeines eines erwachsenen Mannes, das mit einer gewissen Verkürzung des Gliedes zusammengeheilt ist. Das obere und das untere Bruchstück *a* und *b*, Fig. 205, gehen in der Callusgegend *cd* neben einander vorbei. Fig. 206 stellt denselben Knochen zum Theil aufgesägt dar. Man sieht die Markhöhlen *a* und *b* der beiden Bruchhälften und die dichte verbindende Callusmasse *cd*.

§. 1072. Der Knochenbruch selbst zerreißt einen Theil der in der Beinhaut und in dem Innern des Knochens verlaufenden Blutgefäße. Wenn sich nun die Knochenenden bald darauf verrücken, so verletzen sie die benachbarten Weichgebilde. Beide Ur-

sachen bedingen es, daß eine gewisse Menge Blutes, das späterhin nach und nach gerinnt, in der Umgebung der Bruchstelle austritt. Der Erguß, welchen die nachfolgende Entzündung erzeugt, durchdringt und umgiebt jenes Blutextravasat, dessen Farbestoff sich allmählig auswäscht und das endlich selbst auf dem Wege der Aufsaugung untergeht. Die Ausschwitzung wird mittlerer Weile Knorpel. Es bilden sich Knochenmassen theils von den Bruchenden aus, theils aber auch in der übrigen Substanz, bis endlich der ganze Callus vollständig verknöchert ist. Dieser erscheint meist dicker und rauher, als der übrige Knochen. Er schleift sich zwar im Laufe der Zeit auf dem Wege der Aufsaugung allmählig ab. Er kann aber einen beträchtlicheren Umfang noch nach Jahren darbieten.

Wiederherstellung der Drüsengänge.

§. 1073. Manche Ausführungsgänge größerer Drüsen haben eine besondere Geneigtheit, ihre Durchgangswege wiederherzustellen. Hat man den Gallengang (zwischen *m* und *r*, Fig. 86, S. 141) eines lebenden Hundes unterbunden, so ereignet es sich, daß die Galle dessenungeachtet wieder in den Darm (*ik*, Fig. 86) abfließt. Der Ausführungsgang der Bauchspeicheldrüse (*pq*, Fig. 86) kann ähnliche Erscheinungen darbieten.

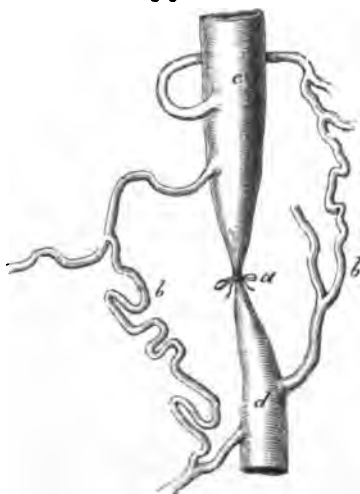
Thrombusbildung.

§. 1074. Hat man ein Schlagader in der Mitte ihres Verlaufes zugebunden, so füllt sie sich mit geronnenem Blute, einem Blutpfropfe oder Thrombus, bis in die Nähe derjenigen Seitenäste, durch die der Kreislauf ungehindert weitergeht. Eine neue Ausschwitzung vermischt sich wiederum mit ihm. Sie erzeugt nach und nach Narbenfasern, während das geronnene Blut schon größtentheils früher verloren geht. Die Gegend, in welcher sich der Blutpfropf befand, wird zuletzt bandartig und dünner, als das übrige Schlagaderrohr.

Seitenkreislauf.

§. 1075. Der sogenannte Neben-, Seiten- oder Collateralkreislauf stellt mittlerer Weile die durch die Unterbindung aufgehobene oder gestörte Blutbewegung von Neuem her. Das Fig. 207 gegebene Schema kann die Art, wie dieses geschieht, klar machen. Gesetzt, *a* sei die unterbundene Stelle der Schlagader, so daß das Blut nicht mehr von *c* nach *d* geraden Weges zu fließen vermag, so finden wir später starke Seitenzweige oder Collateraläste *bb*, die von *c* entspringen und in *d* einmünden. Das Blut umgeht also die Unterbindungsstelle *a* in den Wegen *cbd*.

Fig. 207.



§. 1076. Die Collateralzweige entstehen wahrscheinlich aus sehr dün-

nen Nebenverbindungen, welche die verschiedenen feineren Aeste der gleichen Schlagader früher darboten. Die zarten Röhren dehnen sich aber nicht bloß mechanisch aus, sondern gewinnen auch stärkere Häute, so daß diese mit denen der mittleren oder der umfangreicheren Arterien zuletzt übereinstimmen.

§. 1077. Werden die Gefäße oder die Nerven verkürzt, so wiederholen sich zum Theil viele der eben betrachteten Erscheinungen. Die anatomischen Verhältnisse der Amputationsstümpfe können dieses, wie manches Andere klar machen. Bau der Amputationsstümpfe.

Der Ueberrest eines abgesetzten Gliedes magert in der Regel in der Folge beträchtlich ab, und zwar ein Stumpf des Ober- oder des Vorderarmes meistentheils verhältnißmäßig stärker, als einer des Ober- oder des Unterschenkels. Die Narbe bildet eine einfache gerade Linie im günstigsten Falle. Es kommt aber auch vorzüglich an Oberschenkelstümpfen, die durch Eiterung heilten und eine gewisse Dicke besitzen, vor, daß sie strahlig ist und tiefe unregelmäßige Furchen, zwischen denen die übrigen Weichgebilde wallartig emporgehen, darstellen. Eine einseitige Muskelverkürzung kann sie von ihrem ursprünglichen Orte später verrücken.

Fig. 208.

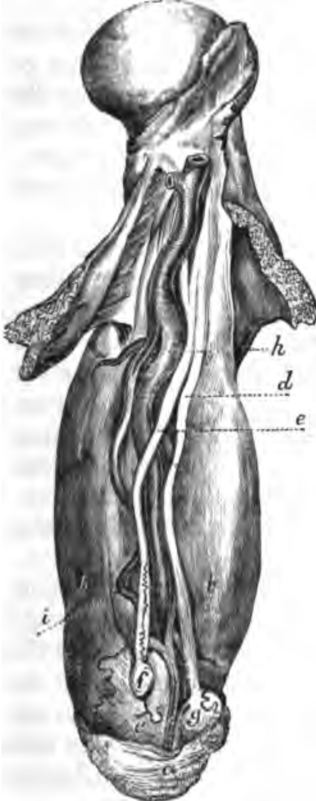


Fig. 208 zeigt den präparirten Oberarmstumpf eines Mannes, der ungefähr drei Jahre vor seinem Tode an der linken Seite amputirt worden war. Man sieht die in der Nähe der Narbe befindlichen Hautfalten *a*. Die zum Theil elastisch verkürzten und nicht sehr dicken Muskeln *b b* und die Sehnen sind unten durch Narbengewebe *c* an die Nachbargebilde angeheftet. Die größeren Nervenstämme *d* und *e* gehen zuletzt in starke Knollen *f* und *g*, die aber nur zellgewebige Fasern (Taf. III. Fig. XL.) und keine Ganglienkugeln (Taf. V. Fig. LXXII) enthalten, über. Einzelne Faserbänder treten von jenen Anschwellungen zu den Nachbargebilden hinüber. Die Knollen kommen übrigens nicht an allen Nervenstämmen der Amputationsstümpfe vor. Die Schlagadern *h i* verlaufen häufig mehr oder minder geschlängelt. Ihre unteren Enden sind durch die Nachwirkungen der Thrombusbildung (§. 1074.) bandartig geworden. Die Markhöhle des durchsägten Knochenendes schließt

sich meist mit neuer Knochenmasse, die noch bisweilen eine knolligte, rundliche oder zackigte Anschwellung erzeugt. Diese verbindet auch in der Regel die Speiche und das Ellenbogenbein (*h*, Fig. 146, S. 241) der älteren Vorderarm-, und das Schien- und das Wadenbein (*n*, Fig. 146) der Unterschenkelstümpfe.

Beständigkeit des Körpers in kürzeren Zeiträumen.

§. 1078. Statistische Ernährungsverhältnisse. Die Veränderungen, welche die Gesammtmasse des gesunden Menschen erleidet, vertheilen sich auf so große Zeiträume, daß nur verhältnißmäßig kleine Werthe auf jeden einzelnen Tag kommen. Da aber die Mengen der eingeführten Nahrungsmittel, des entleerten Kothes und des ausgesonderten Harnes größere Schwankungen bedingen, so findet man, daß das Körpergewicht innerhalb 24 Stunden in den von diesen Nebenverhältnissen gegebenen Grenzen wechselt. Ließ ich mich eine Reihe von Tagen unmittelbar nach dem Aufstehen abwägen, so betrug der größte Unterschied 464 Grm. auf ungefähr 53 Kilogr. Körpergewicht. Ein Frühstück kann mehr als 500 Grm. hinzufügen und eine starke Harnentleerung einen eben so bedeutenden Gewichtsverlust nach sich ziehen.

Merkliche Einnahmen und Ausgaben.

§. 1079. Hält man sich an das unmittelbare Zeugniß des sinnlichen Auges, so bilden die Speisen und die Getränke die Einnahmen, die das Körpergewicht erhöhen, der Koth dagegen, der Harn, die Hautabschuppung (§. 1015.), der zufällig entleerte Speichel, der entfernte Nasenschleim diejenigen Ausgaben, welche die Körpermasse vermindern. Da die zuletzt genannten Abgangsstoffe bloß verhältnißmäßig unbedeutende Mengen in Anspruch nehmen, so pflegt man nur die Excremente und den Urin in den allgemeinen statistischen Untersuchungen zu berücksichtigen, und die Gesammtsumme beider unter dem Namen der merklichen oder der sensiblen Ausgaben zusammenzufassen.

Unmerkliche Ausgaben.

§. 1080. Die in der Ausdünstung davon gehende Kohlensäure wiegt in der Regel mehr, als der gleichzeitig aufgenommene Sauerstoff (§. 846.). Lassen wir auch die untergeordneten Verhältnisse des Stickstoffes unberücksichtigt, so treten noch beträchtliche Mengen von Wasserdunst zu den Lungen und der Haut heraus. Wir haben daher hier eine neue Reihe von Körperausgaben. Da man diese nicht unmittelbar sieht, so nannten sie die Alten die unmerklichen oder die insensiblen Ausgaben, die Neueren hingegen den Perspirationsverlust. Nimmt man an, daß das Körpergewicht unverändert bleibt, so wird die Differenz der Einnahmen und der merklichen Ausgaben von dem Perspirationsverluste Rechenschaft geben.

§. 1081. Die dreitägige Prüfung der statistischen Verhältnisse meiner eigenen Körpermasse lehrte, daß ich 2924 Grm. Speise und Trank in 24 Stunden durchschnitttlich einnahm. Der Koth betrug 191 Grm. und der Harn 1448 Grm. Der Perspirationsverlust würde hiernach 1285 Grm. in Anspruch genommen haben, wenn das Körpergewicht vollkommen unverändert geblieben wäre. Es ergab sich aber bei genauerer Betrachtung, daß 38 Grm. für die Ausgaben der folgenden Tage zurück-

behalten wurden. Wir finden daher 1247 Grm. für die unmerklichen Abgänge.

Gegenseitiges Verhältniß der Einnahmen und der Ausgaben.

§. 1082. Die eben dargestellte Berechnungsweise setzt keine Nebenhypothese irgend einer Art voraus. Die Einnahmen verhielten sich in jenem Beispiele wie 2924 : 1639 oder wie 1 : 0,56 zu den merklichen, und wie 2924 : 1247 = 1 : 0,43 zu den unmerklichen Ausgaben. Ungefähr $\frac{1}{100}$ der Speisen und der Getränke wurde für die Folgetage zurückgelegt. Die sensiblen Abgänge und der Perspirationsverlust zeigen 1639 : 1247 oder 1 : 0,76. Es wurden mithin 56 % der Nahrungsmittel im Kothe und 43 bis 44 % in der Lungen- und der Hautausdünstung ausgeführt.

§. 1083. Will man die Folgen des Gasaustausches, der die Ausdünstung begleitet, zugleich in Betracht ziehen, so muß man sich mancher unsichereren Annahmen bedienen. Die verschluckte Sauerstoffmenge, welche die Einnahmen zunächst erhöht, ist noch in keiner Versuchsreihe unmittelbar bestimmt worden. Man ist daher genöthigt, die Werthe, die man für wenige Minuten und zwar unter etwas angestrengterem Athmen gefunden (§. 824.), auf einen größeren Zeitraum überzutragen und die absoluten Größen der Beobachtungsfehler beträchtlich zu vervielfältigen. Ein zweites, nicht minder unsicheres Verfahren besteht darin, daß man Proben der Speisen, der Getränke, des Kothes und des Urins elementaranalysirt, den Kohlenstoff- und den Wasserstoffgehalt der sensiblen Entleerungen von dem der Nahrungsmittel abzieht und den Rest von Kohlenstoff und Wasserstoff als Kohlensäure und Wasser berechnet. Nimmt man dann den Sauerstoffgehalt des Kothes und des Harnes von dem der Nahrungsmittel und diesen Ueberrest von der Sauerstoffmenge, welche die Kohlensäure und das Verbrennungswasser enthalten, hinweg, so findet man einen Werth, den man als den des verschluckten Sauerstoffes in Rechnung bringt. Barral bediente sich dieses zweiten Verfahrens, um zum Ziele zu gelangen. Wir haben schon §. 286 und §. 846 gesehen, daß jenes Bemühen keine ganz zuverlässigen Zahlen geliefert hat.

Verwendung des Sauerstoffes.

§. 1084. Die Kohlensäure der Ausdünstung entfernt den größten Aequivalententheil der Sauerstoffmengen, der in den Lungen und der Haut aufgenommen wird. Der Ueberschuß kann zur Oxydation des Wasserstoffes oder anderer Körper verwendet werden.

Statistische Beispiele.

§. 1085. Nehmen wir an, daß ich 33,7 Grm. Sauerstoff stündlich verzehre (§. 824.), so giebt dieses 809 Grm. für 24 Stunden. Die mittlere Gesammtsumme der merklichen und der unmerklichen Einnahmen beträgt daher 3733 Grm. Die sensiblen Ausgaben haben aber 1639 Grm. (§. 1081.). Sie nehmen mithin etwas weniger, als die Hälfte in Anspruch. 2094 Grm. kommen auf die Kohlensäure, die Wasserdämpfe, die Hautabschuppung und die anderen kleinen Abgänge. Wenn ich aber 940 Grm. Kohlensäure liefere (§. 824.), so brauche ich 1154 oder richtiger 1116 Grm. für die Wasserdämpfe, die Hautabschuppung und die zufälligen kleinen Nebenausgaben des Ohrenschmalzes, des Speichels,

des Nasenschleimes u. dgl., vorausgesetzt, daß die geringe Kohlensäuremenge der Hautausdünstung vermöge der etwas angestrengteren Athmung, die in den Grundversuchen Statt gefunden hat, ersetzt worden ist.

Führen wir Alles auf Procente der Gesammtsumme der merklichen und unmerklichen Ausgaben zurück und setzen die Endzahlen, die Barral aus seinen Beobachtungen ableitet, hinzu, so haben wir:

Durchschnittliche Procentwerthe für 24stündige Zeiträume.									Beobachter.
Einnahmen.		Ausgaben.						Ueberrest für die Ausgaben des folgenden Tages	
Speise und Trank.	Verzehrter Sauerstoff.	Koth.	Harn.	Merkliche Entleerungen.	Ausgehauchte Kohlensäure.	Wasserdämpfe.	Hautabschuppung und kleinere Verluste.		
74,4	25,6	—	—	34,8	30,2	34,5	0,5	—	Barral.
78,3	21,7	5,1	38,8	43,9	25,2	30,0		0,9	Ich.

Der täglich eingenommene Sauerstoff beträgt hiernach 1/3 bis 1/4 der durchschnittlich genossenen Speisen und Getränke. Der Koth führt dann 1/20, der Harn 1/3 bis 2/5, die Gesammtsumme der merklichen Entleerungen mehr als 1/3 oder 2/5, die Kohlensäure 1/4 bis 3/10, die Wasserdunstbildung nahebei 1/3, die Hautabschuppung etwa 1/200 des Ganzen ab. Nahe an 1/100 kann im Mittel noch für die Ausgaben des Folgetages aufbewahrt bleiben.

§. 1086. Versuchen wir die einzelnen Einnahmen und Ausgaben auf Bruchtheile der Körpergewichte und zwar nur nach jenen Erfahrungen, die Barral sowohl als ich an sich selbst machten, zurückzuführen, so ergiebt sich:

Mittlere 24stündige Menge. Das Körpergewicht = 1.								Beobachter.
Speise und Trank.	Verzehrter Sauerstoff.	Koth.	Harn.	Merkliche Entleerungen.	Ausgehauchte Kohlensäure.	Wasserdämpfe und Hautabschuppung.	Perspiration.	
$^{1}/_{17}$ bis $^{1}/_{20}$	$^{1}/_{45}$ bis $^{1}/_{61}$	$^{1}/_{336}$ bis $^{1}/_{680}$	$^{1}/_{42}$ bis $^{1}/_{46}$	$^{1}/_{38}$ bis $^{1}/_{43}$	$^{1}/_{39}$ bis $^{1}/_{54}$	$^{1}/_{37}$ bis $^{1}/_{42}$	$^{1}/_{32}$ bis $^{1}/_{37}$	Barral.
$^{1}/_{16}$ » $^{1}/_{19}$	$^{1}/_{67}$	$^{1}/_{247}$ » $^{1}/_{354}$	$^{1}/_{28}$ » $^{1}/_{52}$	$^{1}/_{26}$ » $^{1}/_{46}$	$^{1}/_{58}$	$^{1}/_{47}$	$^{1}/_{32}$ » $^{1}/_{57}$	Ich.

Diese Werthe geben daher folgende verhältnißmäßige Mittelzahlen:

Durchschnittliche 24stündige Menge für je 1 Kilogr. Körpergewicht.								Beobachter.
Speise und Trank.	Sauerstoff.	Koth.	Harn.	Merkliche Ausgaben.	Ausgeschiedene Kohlensäure.	Wasserdämpfe und Hautabschuppung.	Perspiration.	
0,054	0,019	0,002	0,022	0,024	0,022	0,026	0,029	Barral.
0,054	1,015	0,003	0,027	0,030	0,018	0,024	0,024	Ich.

§. 1087. Wir haben schon §. 846 die Bedenken, die sich gegen die elementaranalytischen Bestimmungen der einzelnen Versuchsreihen von Barral erheben lassen, kennen gelernt. Wir wollen uns daher auf die beiden ersten, die jener Chemiker an seinem eigenen Körper anstellte, beschränken. Setzen wir die den Speisen und Getränken zukommenden Werthe = 100, so haben wir:

Verbindung.	Versuchszeit.	Verhältnißmäßige Mengen der Bestandtheile der Einnahmen und der Ausgaben.				
		Speise und Trank.	Koth.	Harn.	Merkliche Entleerungen.	Perspiration.
Wasser . .	Winter	100	5,3	53,6	58,9	62,4, also 23,3 Verbrennungswasser.
	Sommer	100	3,0	53,1	56,1	62,0, also 18,1 Verbrennungswasser.
Kohlenstoff	Winter	100	4,2	4,1	8,3	91,7
	Sommer	100	3,4	5,2	8,6	91,4
Wasserstoff	Winter	100	4,2	5,2	9,4	90,6
	Sommer	100	3,0	6,5	9,5	90,5
Stickstoff .	Winter	100	10,0	38,9	48,9	51,1
	Sommer	100	6,1	46,2	52,3	47,7
Sauerstoff	Winter	100	3,4	3,0	6,4	93,6
	Sommer	100	2,9	3,8	6,7	93,3

Diese Zahlen bestättigen manche Thatsachen, die wir schon früher kennen gelernt haben.

Austritt des Wassers. §. 1088. Der Urin des Menschen führt unverhältnißmäßig mehr Wasser, als der Koth aus. Dieses kann aber in Thieren, die sehr flüssige Excremente entleeren, in das Entgegengesetzte umschlagen. Kranke, die an heftigen Durchfällen leiden, verlieren ebenfalls beträchtliche Wassermengen in ihren Stuhlentleerungen.

§. 1089. Wir haben früher gesehen, daß der Urin im Winter mehr Wasser, als im Sommer unter günstigen Nebenbedingungen zu entfernen pflegt. Die oben angegebenen Werthe deuten dieses Verhältniß, obgleich in keiner sehr entschiedenen Weise, an. Die merklichen Entleerungen sonderten ungefähr eben so viel oder etwas weniger Wasser als die Perspiration aus.

Verbrennungswasser. §. 1090. Das Verbrennungswasser, d. h. diejenige Wassermenge, die nicht als solche eingeführt, sondern aus der Oxydation von Wasserstoff im Körper selbst erzeugt worden ist, würde ungefähr $1/4$ bis $1/6$ der in den Nahrungsmitteln enthaltenen Feuchtigkeit betragen. Das Ver-

suchsverfahren, auf dem diese Bestimmung fußt, bietet jedoch keine ganz unzweifelhafte Grundlage dar (§. 287.).

§. 1091. Etwas mehr als $^9/_{10}$ des Kohlenstoffes, des Wasserstoffes und des Sauerstoffes der genossenen Nahrungsmittel kehren in der Kohlensäure und dem Wasser der Ausdünstung wieder. Der Rest theilt sich zwischen dem Kothe und dem Harn ziemlich gleichförmig oder so, daß meist der Urin den Vorrang gewinnt. Vertheilung der einzelnen Grundstoffe der Nahrungsmittel.

§. 1092. Wir haben schon §. 286 gesehen, daß solche statistische Beobachtungen zu erhebliche Fehlerquellen einschließen, als daß sie die feinere Frage, ob und wie viel Stickstoff ausgehaucht werde, entscheiden könnten. Hält man sich an die nackten Zahlen von Barral, so soll ungefähr eben so viel Stickstoff in der Perspiration, als in den merklichen Entleerungen davongehen. Die Thatsache, daß der Harn zur Ausfuhr des Stickstoffes wesentlich beiträgt (§. 954.), giebt sich auch in der §. 1087 mitgetheilten Tabelle deutlich zu erkennen.

§. 1093. Die Nahrung, welche Barral in seiner im Winter angestellten Versuchsreihe verzehrt hatte, bestand aus Fleisch, Kartoffeln, Gemüse, Brod, Milch, Käse, Zucker, Wein und Branntwein. Berechnet man die procentigen Mengen der einfachen Körper der feuerflüchtigen Bestandtheile, welche in der Gesammtsumme jener Speisen und Getränke enthalten waren, so findet man 51,06 % Kohlenstoff, 7,98 % Wasserstoff, 3,90 % Stickstoff und 37,06 % Sauerstoff. Der entsprechende Koth gab im Durchschnitt 52,09 % Kohlenstoff, 7,92 % Wasserstoff, 9,56 % Stickstoff und 30,43 % Sauerstoff; der Harn dagegen 40,90 % C., 8,20 % H., 29,30 % N. und 21,60 % O. Wir sehen hieraus, daß sich die Excremente durch ihren vorherrschenden Kohlenstoff- und ihren geringen Stickstoffgehalt von dem Harne vorzugsweise unterscheiden.

§. 1094. Wir haben bis jetzt nur die Zahlen, die sich als Durchschnittswerthe mehrtägiger Beobachtungsreihen ergaben, kennen gelernt. Wechsel der einzelnen Ausgaben. Eine Reihe von Nebenumständen greift aber in jedem einzelnen Tage so tief durch, daß die wesentlichsten Schwankungen in kürzeren Zeiträumen zu Stande kommen. Eine augenblickliche Verstopfung ändert natürlich die Werthe des Kothes, und der reichliche Genuß von Getränken die des Harnes in bedeutendem Grade. Die Perspirationsgrößen steigen oder fallen ebenfalls auf das Sichtlichste mit dem Wechsel der Nahrung und der Körperthätigkeit. Alle Bedingungen, welche die Ausscheidung der Kohlensäure erhöhen oder erniedrigen (§. 808 fgg.), können sich in den Perspirationswerthen, so lange nicht andere Nebenverhältnisse compensirend eingreifen, geltend machen. Sie steigen daher im Allgemeinen zur Verdauungszeit oder während anhaltender Körperbewegung. Sie sinken dagegen in der Ruhe und deshalb auch im Schlafe. Der Schweiß bildet endlich eine Hauptursache des Wechsels der uns hier beschäftigenden statistischen Größen. Hunger und Ruhe bedingten es, daß mein durchschnittlicher stündlicher Perspirationswerth 30 Grm. betrug. Ging

ich dagegen bergauf, bergab und schwitzte dabei auf das Heftigste, so erhöhte sich jene Zahl auf 132,7 Grm., mithin auf das Vier- bis Fünffache.

Abnahme des Körpergewichtes bei dem Hungern.

§. 1095. Hat ein hungerndes Geschöpf die übrig gebliebenen Reste der früher verzehrten Nahrungsmittel für seine Ausgaben verbraucht, so muß die Körpermasse selbst die Stoffe, welche in dem späteren Kothe, dem Harn und der Ausdünstung austreten, hergeben. Es sinkt daher die Schwere des Thieres unausgesetzt. Eine scheinbare Ausnahme hiervon kommt in den Winterschläfern vor. Sacc entdeckte dieses zuerst in den Murmelthieren. Beobachtungen, die ich an dem Stacheligel anstellte, bestätigten das Gleiche. Das Körpergewicht eines solchen Thieres, das in den tiefsten Schlaf verfallen ist, pflegt von Tag zu Tag zuzunehmen, bis Koth und Harn entleert werden. Das Geschöpf verliert aber hierdurch mehr, als es in der vorangehenden Ruhezeit gewonnen hat.

§. 1096. Chossat lieferte die ersten ausführlichen Versuchsreihen über die statistischen Verhältnisse des Hungerns. Die späteren Erfahrungen von Schuchardt bestätigten im Wesentlichen die von jenem Genfer Arzte mitgetheilten Haupterfahrungen.

Gesammtverlust und verhältnißmäßiger Verlust bei dem Verhungern.

§. 1097. Man muß zunächst vier Werthe, die absoluten und die verhältnißmäßigen Größen des Gesammtverlustes und des täglichen Verlustes unterscheiden. Ein Beispiel kann uns klar machen, was man unter jenen Benennungen versteht und wie man die ihnen entsprechenden Zahlen berechnet.

Wir wollen annehmen, man hätte eine Reihe von Kaninchen verhungern lassen. Jedes von ihnen wog durchschnittlich 1092,59 Grm. am ersten Tage der Entziehung der Nahrungsmittel und 660,51 Grm. kurz nach dem Lebensende. Der Unterschied des Anfangs- und des Endgewichtes giebt dann den absoluten Gesammtverlust. Er beträgt also 1092,59 — 660,51 = 432,08 Grm. Der verhältnißmäßige Gesammtverlust ist der Quotient des absoluten und des Anfangsgewichtes oder 432,08 : 1092,59 = 0,4 oder $^2/_5$. Die Kaninchen starben im Mittel $9^1/_3$ Tage nach dem Anfange des Hungerns. Wir erhalten daher 432,08 : 9,33 = 46,3 Grm. für den absoluten und 0,4 : 9,33 = 0,043 für den verhältnißmäßigen täglichen Verlust.

Größe des Gesammtverlustes.

§. 1098. Man kann im Allgemeinen annehmen, daß ein höheres Wirbelthier, wenn es ungefähr $^2/_5$ seines Körpergewichtes verloren hat, dem Hungertode zu unterliegen pflegt. Die Einzelwerthe schwanken natürlich in ziemlich beträchtlichen Grenzen mit der Verschiedenheit der Geschöpfe und der Nebenbedingungen. Die Mittelwerthe größerer Versuchsreihen nähern sich aber mehr oder minder jenem Werthe oder 0,4 für den verhältnißmäßigen Gesammtverlust. Chossat erhielt z. B. 0,31 bis 0,42 für kleinere Säugethiere und Vögel und 0,41 für Frösche.

Größe des täglichen Verlustes.

§. 1099. Der tägliche Verlust wechselt mit der Beschaffenheit der Thiere in bedeutendem Grade. Hält man sich an die Kaninchen, die Meerschweinchen, die Hühner, Tauben und andere Hausvögel, so be-

trägt sein mittlerer Verhältnißwerth 0,024 bis 0,112. Die gewöhnlichen Größen liegen bei 0,04. Eine halbe bis höchstens $2^1/_2$ Wochen reichen hier hin, den Hungertod herbeizuführen. Frösche hingegen können ohne feste Nahrung Monate lang aushalten. Haben sie auch zuletzt $^2/_5$ ihrer Körpermasse verloren, so nimmt deshalb ihre tägliche Einbuße nur 0,002 verhältnißmäßig in Anspruch.

Gewichtsverlust einzelner Theile bei dem Verhungern.

§. 1100. Die tägliche Erfahrung lehrt, daß ein hungerndes Geschöpf abmagert, d. h. daß seine überschüssigen Fettmassen aufgezehrt werden. Da aber diese die stickstoffhaltigen Ausgaben des Harnes nicht decken können (§. 948 fgg.), so folgt, daß auch andere Gewebtheile aufgezehrt werden. Die Schwäche der Bewegungswerkzeuge läßt schließen, daß die Muskeln einen nicht unbedeutenden Beitrag in dieser Beziehung liefern dürften.

§. 1101. Vergleicht man die mittleren Gewichte der einzelnen Organe gut genährter mit denen verhungerter Thiere derselben Art, so findet man, daß das freie Fett und die Muskeln beträchtlich abnehmen. Die Knochen, die Augen, das Gehirn und Rückenmark verlieren verhältnißmäßig am Wenigsten. Dieser größere Widerstand des centralen Nervensystems muß vom chemischen Standpunkte um so merkwürdiger erscheinen, als hier Fettmassen, die freilich mit Eiweißkörpern vermischt sind, in reichlichster Menge vorkommen.

Abnahme des Körpergewichtes nach einseitiger Nahrung.

§. 1102. Wir haben §. 361 gesehen, daß eine einseitige unpassende Nahrungsweise ähnliche Folgen wie der Hungertod zuletzt herbeiführt. Schuchardt suchte die hier auftretenden Mittelwerthe in mehreren Versuchsreihen, die er an Tauben anstellte, aufzufinden. Faßt man die Endzahlen, zu denen er gelangt ist, übersichtlich zusammen, so findet man:

Nebenbedingungen.	Verhältnißmäßiger Gesammtverlust.	Verhältnißmäßiger täglicher Verlust.	Dauer des Lebens in Tagen.	Mittleres absolutes Anfangsgewicht in Grm.
Vollkommene Entziehung aller Nahrungsmittel	0,342	0,066	5,28	290,0
Ernährung mit Gerste. Vollständige Entziehung des Wassers	0,439	0,040	10,96	320,1
Ernährung mit 97,5 % wässerigen Hühnereiweißes und 2,5 % Mineralkörpern	0,335	0,046	7,58	337,4
Ernährung mit 29,5 % Stärke, 1 % Gummi, 2 % Zucker, 2,5 % Oel, 1,3 % Mineralkörpern und 63,7 % Wasser	0,304	0,015	21,19	357,0

Wir sehen zuvörderst, daß der verhältnißmäßige Gesammtverlust eines an unzweckmäßiger einseitiger Nahrung zu Grunde gegangenen Thieres mit dem eines verhungerten Geschöpfes (§. 1097.) ziemlich nahe übereinstimmt. Hat man nur die Einfuhr flüssiger Getränke gehindert, so kann der Organismus länger bestehen, weil die übrigen Speisen immer noch gewisse Wassermengen enthalten (§. 339.). Da die größeren Kohlensäuremassen der Perspiration, vorzüglich der kleineren Vögel, beträchtliche Mengen verbrennbarer organischer Stoffe voraussetzen, so erklärt es sich, weshalb die Ernährung mit Kohlenhydraten das Leben fast drei Mal so lang, als die mit Eiweißkörpern gefristet hat. Die Unterschiede des verhältnißmäßigen täglichen Verlustes bilden natürlich nur die Folge der Uebereinstimmung des verhältnißmäßigen Gesammtverlustes und der Schwankungen der Lebensdauer.

Bedeutung des Blutes.

§. 1103. Chemische Ernährungserscheinungen. Das Blut bildet den Mittelpunkt aller dem Stoffwechsel dienenden Thätigkeiten. Es nimmt viele Bestandtheile der Speisen unmittelbar oder vermittelst der Saugadern (§. 525.) auf. Der Sauerstoff, den es aus der Luft anzieht, ändert manche Verbindungen desselben ohne Weiteres. Gewisse Mengen des Gases dringen aber wahrscheinlich bis zu den Gewebtheilen vor, um auf diese oder deren Durchtränkungsflüssigkeit einzuwirken. Da die Blutmasse, vorzugsweise der Schlagadern (§. 623 ff.) und der Haargefäße, unter einem stärkeren Drucke als die Ernährungsflüssigkeit steht, so wird sie hierdurch geneigt gemacht, die geeigneten Verbindungen durch die porösen Gefäßwände hindurchzulassen. Die chemische Verschiedenheit der angrenzenden Mischungen muß überdies Diffusionsströme anregen (§. 129 ff.). Wir haben den wesentlichen Einfluß, den das Blut auf die Absonderungen ausübt, früher schon kennen gelernt. Die Erhaltung und das Wachsthum der Gewebe gehen von ihm ebenfalls aus. Die meisten Körpertheile baden sich gleichsam in der Ernährungsflüssigkeit. Sie sind gewissermaßen dem Durchzugsstrome der Erneuerungslösung fortwährend ausgesetzt. Die Saugadern führen dabei die überschüssigen Wassermengen nebst einzelnen vorläufig unbrauchbaren Stoffen hinweg (§. 534.), während das Blut die zur Ergänzung oder zur Vergrößerung nöthigen Verbindungen durchschwitzen läßt.

Durchgangskörper.

§. 1104. Wenn ich 2924 Grm. Speise und Trank in 24 Stunden durchschnittlich einführe, nur 191 Grm. Koth ausscheide (§. 1081.), und mein Körpergewicht dessenungeachtet nahebei das Gleiche bleibt, so werden mindestens 2,7 Kilogr. Durchgangskörper in meine Blutmasse täglich übertreten. Meine Blutmenge gleicht aber ungefähr 10,8 Kilogr. (§. 694.) für 54 Kilogr. Körpergewicht. Wir sehen hieraus, daß die Schwere der Gesammtsumme der Durchtrittslösungen ungefähr $^1/_4$ des Blutgewichtes täglich betragen kann.

§. 1105. Man darf mit vieler Wahrscheinlichkeit annehmen, daß alle Nahrungsmittel, die ich zu genießen pflege, zusammengenommen 75 bis 80 % Wasser und 20 bis 25 % festen Rückstandes enthalten.

Da nun das Blut des Mannes 78 % Wasser im Durchschnitt zu führen pflegt, so ergiebt sich, daß der verhältnißmäßige Werth der Durchgangskörper etwas größer für das Wasser, als für den festen Rückstand ausfallen wird.

§. 1106. Das Wasser und die verdünnten wässerigen Lösungen treten sehr rasch in das Blut über (§. 504.). Die in mäßigen Mengen eingeführten und nicht zu concentrirten Salzlösungen werden wiederum rasch in dem Harne ausgeschieden (§. 944 fgg.). Die schwerer löslichen Stoffe und die Fette müssen in dem Nahrungscanale länger verweilen (§. 438 ff.), ehe sie zum Eigenthume des Blutes werden. Die wesentlichen, bald zu betrachtenden Veränderungen, welche die meisten erleiden, gehen langsamer von Statten. Es ergiebt sich hieraus, daß die Blutmasse eines Menschen, der größere Mahlzeiten von Zeit zu Zeit verzehrt, beträchtliche Schwankungen darbieten muß. Sie wird verhältnißmäßig wasser- und salzreich kurze Zeit nach dem Genusse reichlicher Nahrungsmittel und zwar vorzüglich nach der Einfuhr von Getränken ausfallen. Die Nieren sorgen aber dafür, daß dieser Zustand bald beseitigt wird. Die übrigen Einnahmen erzeugen geringere Schwankungen. Sie kommen in kleineren Massen an. Ein Theil von ihnen erleidet schon im Blute wesentliche Veränderungen. Die Producte desselben werden schon hier zur Ausscheidung fähig gemacht, während die späteren nachrücken. Dieses Spiel dauert dafür längere Zeit. Wir haben eine auf größere Zeiträume vertheilte Thätigkeit geringerer Durchgangsmengen.

§. 1107. Betrachten wir zunächst die festen Nahrungsmittel, so können die stickstofflosen, wie die Kohlenhydrate (§. 303.) und die Fette (§. 305.), mit dem Sauerstoff der eingeathmeten Luft zu Kohlensäure und Wasser verbrennen und die in der Ausdünstung davongehenden Kohlensäuremengen decken. Man hat sie daher auch mit dem Namen der Athmungsmittel oder der Respirationsmittel bezeichnet. Diese Benennung genügt aber nicht, weil andere Verbindungen dem gleichen Zwecke ebenfalls dienen, die im Ueberschuß eingeführten Fette als Gewebtheile abgesetzt und sogar vielleicht mit anderen stickstoffhaltigen Körpern verbunden werden können. Schicksal der stickstofflosen Speisen.

§. 1108. Die Ursache, weshalb Thiere, die mit solchen stickstofflosen Verbindnngen ausschließlich gefüttert werden, an Inanition zu Grunde gehen, ist leicht einzusehen. Die Muskelbewegung und die anderen Thätigkeiten nutzen eine gewisse Menge stickstoffhaltiger Verbindungen, deren Ueberreste aus dem Körper entfernt werden, ab. Der Urin führt immer noch Harnstoff, Harnsäure und andere stickstoffreiche Verbindungen aus. Die Nahrungsmittel liefern aber hierfür keinen Ersatz. Rechnet man nun noch hinzu, daß die Blutmischung wesentlich leiden muß und die Thätigkeiten der wichtigsten Körpertheile auf diesem Wege gestört werden, so ergiebt sich, daß nicht sowohl der eigentliche Massenverlust, als das unpassende Wechselspiel der Ernährungsthätig- Ursache der Schädlichkeit einseitiger stickstoffloser Nahrungsmittel.

keiten und die feineren Molecularveränderungen der Nervengebilde den Tod herbeiführen werden.

Ursache der Schädlichkeit einseitiger stickstoffhaltiger Nahrungsmittel.

§. 1109. Der einseitige Genuß von stickstoffreichen Körpern, wie z. B. von Eiweiß, führt eben so wenig zum Ziele. Es können sich zwar hier die stickstoffreichen Gewebe des Ersatzes, den ihre Thätigkeiten nöthig machen, möglicher Weise erfreuen. Sollten aber die Nahrungsmittel die Kohlensäuremengen der Ausdünstung decken, so müßten sie in größeren Mengen und rascher, als es die Verdauungskräfte gestatten, in die Blutmasse übergehen. Die Mischung von dieser ändert sich überdieß in wesentlicher Weise, so daß zuletzt das Spiel des Organismus wiederum untergraben wird.

Mischung verschiedener Nahrungsmittel.

§. 1110. Eine passende Verbindung stickstoffloser und stickstoffhaltiger Verbindungen kann daher allein dem Zwecke genügen. Die Natur hat schon eine Mischung der Art in der Milch (§. 346.) und selbst in den meisten natürlichen Speisen (§. 336.) bereitet. Rein stickstofflose oder bloß stickstoffhaltige Körper im strengsten Sinne des Wortes werden in der Regel auf chemischem oder technischem Wege künstlich dargestellt.

§. 1111. Die Gesammtsumme der Nahrungsmittel der Pferde, der Kühe und der Schweine führt nach Boussingault 46 bis 51 % Kohlenstoff auf 1,6 bis 2,1 % Stickstoff. Die Turteltauben haben in dieser Hinsicht 47 % C. und 3,4 % N., die Hühner nach Sacc 48 % C. und 2,4 % N. Die gemischte gewöhnliche Nahrung des Menschen bietet ungefähr 51 % C. auf 3,9 % N. nach Barral dar. Wir sehen hieraus, daß die Speisen weit mehr Kohlenstoff als Stickstoff enthalten. Da das Rindfleisch nur 15½ % Stickstoff auf 53 % Kohlenstoff führt, so gilt dieser Satz, wenn auch in etwas beschränkterem Maaße, für die Fleischfresser, und zwar um so mehr, je fettreicher die Nahrung selbst ausfällt.

§. 1112. Diese Thatsache bildet die natürliche Folge der Mischung der meisten organischen Verbindungen. Manche stickstoffreiche Körper, wie der Harnstoff (§. 321.) oder das Allantoin (§. 319.), enthalten ausnahmsweise weniger Kohlenstoff als Stickstoff. Dieses kehrt sich aber schon für andere, wie die Harnsäure (§. 321.), das Theobromin (§. 343.), das Thein und das Caffein (§. 343.), um. Die Eiweißkörper (§. 312.) und die Thiergewebe überhaupt (§. 317.) schließen verhältnißmäßig weit geringere und die Pflanzen nicht selten unbedeutende Stickstoffmengen ein. Da aber die Ausgaben des thierischen Körpers aus den Nahrungsmitteln, den eigenen Gewebtheilen oder beiden zugleich stammen, so muß auch in ihnen der Kohlenstoff über den Stickstoff bei Weitem vorherrschen (§. 1093.).

§. 1113. Die §. 1111 mitgetheilten Zahlen lehren schon, daß die Nahrung der größeren Pflanzenfresser, wie des Pferdes oder der Kuh, nur sehr geringe Mengen von Stickstoff darbietet. Ein Theil desselben geht sogar noch dadurch verloren, daß er in den Kothmassen unverdaut austritt. Der Körper jener Geschöpfe braucht daher keine beträchtlichen

Stickstoffmassen. Dieser Satz gilt aber auch für einzelne Fleischfresser. Man kann Hunde mit Kartoffeln und Wasser Monate lang erhalten. Die gekochten Kartoffeln führen aber 46,4 % C., 6,1 % H., 1,6 % N. und 45,6 % O. Thiere der Art leben mehr als ein halbes Jahr fort, wenn man sie mit natürlichem Fette ernährt. Die eiweißhaltigen Wände der Fettzellen und die Zwischengewebe führen hier gewisse Mengen von Stickstoff (§. 336.), die den Bedürfnissen vorläufig genügen.

§. 1114. Manche Chemiker haben eine zu große Bedeutung dem Stickstoffgehalte der Nahrungsmittel zugeschrieben. Sie ordneten die einzelnen Speisen nach deren procentigen Stickstoffmengen und betrachteten diese Tabellen als Nutritionsskalen, d. h. als Verzeichnisse, in denen die Nahrhaftigkeit mit den Stickstoffwerthen auf- und niedergeht. Eine Reihe von Gründen lehrt aber, daß diese ganze Vorstellung auf unrichtigen Voraussetzungen fußt. Ernährungsskalen der Speisen.

Wir haben schon in der Verdauungslehre gesehen, daß kein einzelner einfacher Bestandtheil, sondern die Gesammtmischung und vorzüglich die Molecularbeschaffenheit die Möglichkeit der Verarbeitung und mithin auch die Nützlichkeit der Speisen bestimmen. Das Häringfleisch, das 14,5 %, das gesottene Rindfleisch, das 15 % und die Rindsleber, die 10,7 % Stickstoff führt, sind deshalb nicht nahrhafter als das Eigelb, das nur 4,9 % enthält. Die vorherrschende Menge von Kohlenhydraten, vorzüglich von Stärkmehlkörpern, die wir in den meisten Pflanzentheilen antreffen, setzen den verhältnißmäßigen Stickstoffgehalt beträchtlich herab. Wir finden daher, daß er nur 1,4 bis 2,2 % in Mehlarten und 1,5 bis 2,4 % in den Kartoffeln, den Rüben und den Möhren beträgt. Pflanzentheile, die mehr Eiweißkörper enthalten, bieten schon größere Stickstoffmengen dar. Die Hülsenfrüchte liefern deshalb bis 5 %. Die Pilze zeichnen sich durch ihren nicht unbedeutenden Stickstoffgehalt (3,2 bis 4,6 %) aus. Sie sind dessenungeachtet bei Weitem nicht so nahrhaft, als viele andere Speisen des Pflanzen- und des Thierreiches, die weniger Stickstoff im Ganzen genommen einschließen.

§. 1115. Man hat sich darauf berufen, daß die so gebräuchlichen Getränke, der Kaffee und der Thee, ein sehr stickstoffreiches Alkaloid, das Caffein oder Thein (§. 343.), enthalten. Der Instinkt des Menschen habe gerade zwei Gewächse (§. 343.), welche jenes Alkaloid führen, auswählen lassen, weil sich dieses durch seine beträchtlichen Stickstoffmengen auszeichnet. Man konnte aber bis jetzt nur $\frac{1}{3}$ % Caffein aus den Kaffeebohnen und $\frac{1}{2}$ bis 1 % Thein aus dem Thee darstellen. Mag nun auch etwas mehr in jenen Pflanzentheilen selbst enthalten sein, so ergiebt sich doch immer, daß die Aufgüsse, die wir zu genießen pflegen, verschwindend kleine Stickstoffmengen in den Körper einführen. Wollte man dagegen behaupten, daß die giftigen oder die reizenden Eigenschaften jener Alkaloide von dem Stickstoffgehalte abhängen, so sprechen die Verhältnisse anderer ähnlicher Körper eher gegen, als für diese Vorstellung. Die giftige Wirkung der Alkaloide richtet sich nicht nach dem Stick- Stickstoffreichthum des Thein und des Caffein.

stoffgehalte derselben. Das so leicht tödtende Strychnin (Alkaloid der Brechnuß) enthält 5,81 % und das weniger schädliche Chinin 8,1 % Stickstoff.

§. 1116. Die nachtheiligen Einflüsse der ausschließlichen Eiweißfütterung (§. 1109.) lehren schon, daß eine einseitige stickstoffreiche Nahrung die Lebensthätigkeiten stört, nicht aber begünstigt. Die spätere Betrachtung der Ausscheidungen wird uns noch andere Verhältnisse, die zu dem gleichen Schlusse führen, kennen lehren. Mischungen, die viel Kohlenstoff und mäßige Mengen Stickstoff enthalten und von dem Organismus leicht bewältigt werden, eignen sich am Besten zur Erhaltung und dem Wachsthume der Körpertheile. Der Gesammtrückstand der Milch, die das Muster eines zweckmäßigen Nahrungsmittels bildet, hat 57,0 % C., 8,2 % H., 4,4 % N. und 30,4 % O.

Aschenbestandtheile der Nahrungsmittel.

§. 1117. Manche Hartgebilde, wie die Knochen, können sich nur, wenn neue Mineralkörper in den Speisen zugeführt werden, für die Dauer erhalten (§. 1044.). Da aber ein hungerndes Geschöpf täglich mehr und andere Aschenbestandtheile, als sein Skelett fortgiebt, in seinen merklichen Entleerungen abführt, so folgt, daß die Thätigkeit der Weichgebilde eine gewisse Menge unorganischer Stoffe ausscheidet und deren Ersatz nothwendig macht. Fast alle natürlichen Speisen, sie mögen aus dem Pflanzen- oder dem Thierreiche stammen, führen in der That gewisse Aschenmengen, die jedoch verschiedenartige Schicksale in dem Innern des Körpers erleiden.

§. 1118. Viele gehen nur in sehr geringen Mengen in das Blut über. Der bei Weitem größte Theil wandert durch den Darmcanal, um in dem Kothe auszutreten. Die kieselsauren Salze, die in so bedeutenden Massen in den Pflanzenstengeln vorkommen und die Grundlage des Skelettes derselben bilden, gehören vor Allem hierher. Die Excremente des Pferdes geben daher viele Bruchstücke des verzehrten Heues in ihren früheren Formen, nur zermalmt und ausgezogen wieder. Der Urin und die Horngewebe, wie die Oberhaut oder die Haare, enthalten nur unbedeutende Quantitäten von Kieselsäure. Hat ein Thier beträchtliche Massen von Kalksalzen eingenommen, so kann sich zum Theil etwas Aehnliches wiederholen. Der Koth von Hunden, die viel Knochen gefressen haben, zeichnet sich daher durch seinen Kalkreichthum aus.

§. 1119. Andere leicht lösliche Mineralverbindungen treten wieder vor Allem in dem Harne hervor. Das Kochsalz, das wir so häufig als Würze gebrauchen, gehört in diese Klasse, so lange es regelrecht verarbeitet wird. Der Erfolg hängt jedoch von der Menge und dem Dichtigkeitsgrade der Salzverbindungen ab. Kleine Massen und verdünnte Auflösungen, die leicht in das Blut übertreten (§. 504 ff.), gehen auch rasch im Harne davon (§. 944 fgg.). Größere Quantitäten, concentrirte Auflösungen oder die eigenthümliche Beschaffenheit anderer Salzverbindungen, wie z. B. das Glaubersalz (schwefelsaures Natron) oder das Bittersalz (schwefelsaure Talkerde), bedingen es, daß Durchfälle zum

Vorschein kommen und daher der Darm den vorzüglichsten Auszugsweg darzustellen vermag.

§. 1120. Man hat sich vielfach bemüht, die Ursache, weshalb das Kochsalz vor Allem als Würze gebraucht wird, von chemisch-physiologischem Standpunkte zu erklären. Man stellte sich vor, daß das Chlor desselben die zur Magenverdauung nöthige Salzsäure und das Natrium das für die Gallenbereitung erforderliche Natron (§. 925.) liefert. Wir haben aber schon §. 436 gesehen, daß die Säure des Magensaftes unter regelrechten Verhältnissen Milchsäure und nicht Salzsäure ist. Ein großer Theil des genossenen Kochsalzes geht auch unverändert im Harne ab. Es hängen daher wahrscheinlich die günstigen Wirkungen dieser Nebenverbindung der Nahrungsmittel von deren Beschaffenheit als Ganzes und nicht von den Zersetzungsproducten ab. Plouviez glaubt an sich und Anderen bemerkt zu haben, daß der reichliche Genuß von Kochsalz das Körpergewicht bis zu einem gewissen Maximum nach und nach erhöht. Man versetzt bekanntlich häufig die Nahrung der Wiederkäuer mit Kochsalz, um sie desto besser aufzufüttern. Vergleichende Versuche, die Boussingault an Stieren anstellte, lehrten, daß die Lebhaftigkeit, nicht aber die Körpergewichte in dem Grade, als sich erwarten läßt, zunahmen. Vortheile des Kochsalzes.

§. 1121. Die phosphorsauren und schwefelsauren Alkalien üben wahrscheinlich ebenfalls einen bedeutenden Einfluß auf die Ernährungsverhältnisse aus. Wir haben schon §. 965 gesehen, daß diese Verbindungen in dem Harn der Fleischfresser in verhältnißmäßig größeren Mengen vorkommen. Der Umsatz, die Ergänzung und das Wachsthum der stickstoffreichen Gewebtheile verbinden sich wahrscheinlich mit einem Umlaufe der eben erwähnten Stoffarten. Eine Auflösung von phosphorsauren Alkalien kann überdieß eben so leicht Kohlensäure aufnehmen, als die von ihr früher gebundene unter dem Einflusse der Nebenverhältnisse austreten lassen. Manche Forscher glaubten daher, daß sich auch diese Thatsache in dem lebenden Blute geltend macht. Phosphor- und schwefelsaure Alkalien.

§. 1122. Die giftige Wirkung, d. h. der schädliche Einfluß, den gewisse Einnahmen bedingen, fußt nur auf relativen Verhältnissen. Allzugroße Mengen nahrhafter Speisen können den Körper nach und nach zu Grunde richten. Es kommt anderseits vor, daß Gifte, welche die eine Thierart rasch tödten, eine andere unberührt lassen oder daß sie ihre nachtheiligen Wirkungen gänzlich verlieren, sobald sie sich mit gewissen Körpern verbunden haben oder auf bestimmten Einfuhrswegen einverleibt werden. Gifte.

Die Pferde vertragen weit größere Mengen von Blausäure, als der Mensch und die meisten kleineren Säugethiere. Schlangen, Schildkröten, Schnecken und Blutigel werden nach Fontana von dem Viperngifte nicht getödtet. Obgleich der Arsenik zu den heftigsten und tückischsten Giften gehört, so können doch Kaninchen eine Auflösung von Kakodylsäure nach Berthold und Bunsen ohne Nachtheil ertragen. Manche

essen Wourali in ziemlich bedeutenden Mengen ohne Schaden, während die Einführung jener Masse in das Blut die meisten Menschen und Thiere binnen Kurzem zu Grunde richtet. Das Gleiche wiederholt sich für einzelne andere Gifte, welche die amerikanischen Wilden für ihre Kriegsführung zu bereiten pflegen.

Ursprung der Kohlensäure des Blutes.

§. 1123. Die Aufnahme von Sauerstoff und der Austritt von Kohlensäure, welche die Athmung des Menschen und der höheren Geschöpfe begleiten, ändern die Blutmasse in auffallendster Weise (§. 724 ff.). Da die feineren Verzweigungen der Lungenblutadern und der Körperschlagadern hellrothes und die der Lungenarterien und der Körpervenen dunkelrothes Blut führen, so folgt, daß die Farbenveränderung der Blutmasse in den Haargefäßen ausschließlich oder wenigstens vorherrschend zu Stande kommt. Sie verliert einen Theil ihrer Kohlensäure und empfängt den eingeathmeten Sauerstoff in den feinsten Blutgefäßnetzen der Lungenmasse. Der umgekehrte Wechsel greift in den Körpercapillaren durch. Man hat aber hier wahrscheinlich einen doppelten Vorgang. Werden Stoffe von dem Nahrungscanale aus in das Blut unmittelbar aufgenommen, so empfängt es vermuthlich Verbindungen, die sogleich theilweise verbrennen und daher Kohlensäure auf Kosten einer gewissen Menge verzehrten Sauerstoffes liefern. Die dunklere Färbung des Pfortaderblutes (§. 921.), welche einzelne Forscher wahrgenommen haben wollen, hängt vielleicht hiermit zusammen. Arbeiten die Körperwerkzeuge, so zerstören sie hierbei gewisse Bestandtheile ihrer eigenen Masse. Die unbrauchbaren Verbindungen, welche auf diesem Wege erzeugt werden, enthalten vermuthlich von vorn herein Kohlensäure oder erzeugen sie wenigstens, so wie sie sich einer gewissen Menge von Sauerstoff bemächtigen können. Es wird daher ein Wechselaustausch zwischen der Ernährungsflüssigkeit und dem Blute an allen mittelbaren Berührungspunkten, vorzüglich aber in den eine so große Oberfläche darbietenden Haargefäßen (§. 689.) zu Stande kommen.

Zusammensetzung des Blutes.

§. 1124. Die Mischung des Blutes ändert sich natürlich mit den Individualitätsverhältnissen, der augenblicklichen Einsaugung und den entsprechenden Ausscheidungen. Dieser Umstand erschwert schon von vorn herein alle Forschungen, die man auf diesem Gebiete anstellt. Die Chemie hat aber überdieß noch kein analytisches Verfahren finden können, das irgend befriedigende Aufschlüsse über die innere Zusammensetzung der Blutmasse zu liefern vermöchte. Die große Reihe von Blutuntersuchungen, die man an gesunden und kranken Menschen angestellt hat, bildet daher ein verwirrendes Labyrinth, in dem man nur wenige sichere Thatsachen als seltene Goldkörner zu entdecken pflegt.

§. 1125. Hält man sich an die von Becquerel und Rodier angegebenen Durchschnittswerthe, so führt das Blut des erwachsenen Mannes 77,9 % Wasser und 22,1 % festen Rückstandes. Der Letztere besteht aus 14,1 % Blutkörperchen, 6,9 % Eiweiß, 0,2 % Faserstoff, 0,2 % Fett und 0,7 % Extractivstoffen und Salzen. Wir sehen hieraus,

daß der Faserstoff, der eine so bedeutende Masse in dem geronnenen Blute einzunehmen scheint (§. 1005.), nur kleine Mengen wahrhaft in Anspruch nimmt. Dieses rührt davon her, daß er beträchtliche Quantitäten von Serum und Blutkörperchen in dem Blutkuchen mechanisch einschließt (§. 1001.).

§. 1126. Das Blut der Frau hat durchschnittlich mehr Wasser und weniger Blutkörperchen, als das des Mannes. Es fällt nach Denis in den Neugeborenen dichter aus, als in dem Blute der Schwangeren kurz vor der Niederkunft.

Zunehmender Wassergehalt des Aderlaßblutes.

§. 1127. Wenn man einem Menschen oder einem Thiere zu wiederholten Malen zur Ader läßt, so erhöht sich der Wassergehalt des Blutes, so wie eine beträchtliche Menge desselben verloren gegangen ist. Sehr reichliche Blutentleerungen können diese Veränderungen schon nach wenigen Minuten sichtlich durchgreifen lassen. Die Elasticität der Gefäß-, vorzüglich der Schlagaderwände (§. 57.) macht es wahrscheinlich unmöglich, daß diese Röhren über einen gewissen Grad hinaus zusammenfallen. Greift nun ein größerer Blutverlust ein, so zieht vermuthlich die Blutmasse wässerige Verbindungen, woher sie kann, aus den Saugadern oder der Ernährungsflüssigkeit zu Hilfe. Der größere Wasserreichthum läßt sich auf diese Weise eher begreifen.

Veränderung des Faserstoffgehaltes des Blutes.

§. 1128. Die Frage, in welchen Fällen der Faserstoff wahrhaft vermehrt oder vermindert sei, stößt auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Manche Nebenverbindungen hindern die Gerinnung (§. 1004.). Es wird daher von vorn herein von der Beschaffenheit des Blutes abhängen, wieviel von jenem Körper zu Tage kommt. Es kann sich, wie Virchow mit Recht bemerkt, ereignen, daß manche Flüssigkeiten erst nach längerem Stehen an der Luft Gerinnungsstoffe absetzen. Wir haben daher hier nachträgliche Einflüsse, die zur Bildung sogenannter Faserstoffmassen führen. Diese sind überhaupt chemisch so unbestimmt charakterisirt und so wenig scharf von anderen Eiweißkörpern geschieden, daß jede sichere Grundlage für fernere Schlüsse hinwegfällt.

Wechsel der Menge der Blutkörperchen.

§. 1129. Die Blutkörperchen bieten bisweilen günstigere Verhältnisse dar. Die meisten Beobachtungen lehren, daß die Menge jener Blutbestandtheile in Frauenzimmern, die an scharf ausgesprochener Bleichsucht oder Chlorose leiden, sichtlich abnimmt und daß sie sich nach dem glücklichen Gebrauche von Eisenmitteln von Neuem vergrößert. Da aber der größte Theil des Blutfarbestoffes an die Blutkörperchen gebunden ist (§. 1002.), so kann man sich die erdfahle bis blaßgrünliche Gesichtsfarbe der bleichsüchtigen Mädchen auf diesem Wege erklären. Jene Kranken hauchen nach Hannover mehr Kohlensäure, als gesunde Frauenzimmer aus. Es ergiebt sich hieraus, daß die Zahl der Blutkörperchen kein directes Maaß für die Masse der Athmungserzeugnisse darbietet.

Milchiges Blut.

§. 1130. Man findet in Einzelfällen, daß das Blut oder das Serum (§. 1001.) desselben eine sogenannte milchichte Beschaffenheit darbietet. Junge Säugethiere, die an der Mutterbrust ernährt werden, liefern bisweilen

eine mit weißen Streifen vermischte Blutmasse. Es kommt im Menschen, obgleich selten, vor, daß sich ein weißes oder weißgelbliches Serum nach der Gerinnung absetzt. Dieses Aussehen rührt oft von einem wahren Fettüberschusse her. Eine zu bedeutende Menge farbloser Blutkörperchen oder ähnlicher blasser Gebilde kann jedoch auch Täuschungen herbeiführen.

Einfluß gewisser Minimalkörper des Blutes auf die Lebensthätigkeiten.

§. 1131. Eine große Reihe von Erscheinungen, wie die Transfusion ungleichartiger Blutmassen, die gewöhnlichen Ernährungsveränderungen und die Einflüsse gewisser giftiger Verbindungen, deuten darauf hin, daß manche Körper, die nur in sehr kleinen Mengen im Blute vorkommen, einen wesentlichen Einfluß auf den Gang der Lebensthätigkeiten ausüben. Sollte es auch in Zukunft gelingen, die Blutmasse vollständiger, als bisher zu zerlegen, so wird man doch wahrscheinlich viele der wichtigsten Fragen nur durch die Analysen von Pfunden jener Mischung zu entscheiden im Stande sein.

Transfusion des Blutes.

§. 1132. Die Transfusion besteht darin, daß man flüssiges Blut eines anderen oder des gleichen Geschöpfes in die Gefäße eines Thieres einspritzt. Man hat dieses Verfahren nach beträchtlichen Blutverlusten, z. B. nach Gebärmutterblutflüssen, selbst im Menschen nicht selten versucht. Man nahm häufig Blutmassen, denen ihr Faserstoff entzogen worden, um die Gefahr der Verstopfung, welche die Gerinnung nach sich ziehen könnte, desto sicherer zu beseitigen.

§. 1133. Es kommt häufig vor, daß ein Thier, nachdem man ihm das Blut einer anderen Thierart eingespritzt hat, binnen Kurzem zu Grunde geht. Obgleich die Frösche weit größere Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXIII. a.), als die Säugethiere und der Mensch (Taf. II. Fig. XXIV. a. d.) besitzen, so halten sie doch die Transfusion von Menschenblut nicht aus. Der Tod hängt also nicht von der mechanischen Verstopfung der feinsten Gefäße, sondern von zarteren Bedingungen ab. Die von Bischoff mitgetheilte Thatsache, daß Säugethiere nur nach der Einspritzung von Venen-, nicht aber von Arterienblut der Vögel starben, führt zu dem gleichen Schlusse.

Gewöhnliche Minimalveränderungen des Blutes.

§. 1134. Wir haben schon §. 1106 gesehen, daß die schwerer löslichen Verbindungen der Nahrungsmittel in das Blut langsam und in kleinen Quantitäten übergehen. Man kann sich hieraus manche Vorgänge des gewöhnlichen Stoffwechsels zu erklären suchen.

§. 1135. Das Stärkemehl der Nahrungsmittel wird nach und nach zu Traubenzucker (§. 461.) oder zu Milchsäure. Die kleinen Mengen, die dann von dem Blute in kürzeren Zeiträumen aufgenommen werden, können zu Kohlensäure und Wasser gänzlich verbrennen. Man findet daher keinen Zucker im Harne wieder. Hat dagegen ein Mensch größere Massen von Zucker verzehrt, so erhält das Blut mehr von jenem leicht löslichen Körper, als es gleichzeitig verarbeitet. Ein Theil des Zuckers wird deshalb als solcher in dem Harne ausgeführt.

§. 1136. Die Langsamkeit, mit der die Fette im Dünndarme ver-

ändert (§. 480.) und aufgesogen werden, führt wahrscheinlich zu dem gleichen Ziele. Es wird auf diese Weise vermieden, daß sich die Blutmasse mit allzuviel Fett überladet. Es erklärt sich hieraus, weshalb Boussingault[37]) keine beständigen Unterschiede in dem Fettgehalte des Blutes von Tauben und Enten bemerkte, er mochte sie mit Stärkemehl, Eiweiß oder gar nicht gefüttert haben.

§. 1137. Die Umsatzerscheinungen der Eiweißkörper deuten das Gleiche an. Der Genuß derselben erhöht die Harnstoffmenge des Urins in auffallendem Maaße (§. 951.). Da aber das Blut nur Spuren jenes Körpers führt (§. 957.), so folgt, daß die fortgesetzt wiederholte Ab- und Ausscheidung sehr unbedeutender Quantitäten die davongehenden größeren Massen allmählig anhäuft. Wenn schwächliche Menschen einen eiweißhaltigen Harn nach der Mahlzeit zu entleeren pflegen (§. 971.), so kann dieses davon herrühren, daß ihre schlafferen porösen Gefäßwände, die den nöthigen Schutz nicht darbieten (§. 144.), ähnliche Erscheinungen, wie nach dem Genusse größerer Zuckermengen (§. 967.) herbeiführen.

§. 1138. Die Ansteckungsstoffe zeigen am deutlichsten, welchen Einfluß Minimalmengen auszuüben vermögen. Das Tröpfchen Impfstoff, das wir in eine Ritzwunde einführen, bildet eine verschwindend kleine Masse dem Blute gegenüber. Da es nur wenig festen Rückstand enthält, so werden dessen wirksame Bestandtheile um so unbedeutender ausfallen. Sie arbeiten dessenungeachtet eine Woche lang, bis die Impfpustel vollendet und die Schutzmasse in dem geimpften Geschöpfe wieder erzeugt ist. Dieser Vorgang, der nur in einzelnen Contactwirkungen (§. 299.) seines Gleichen hat, läßt aber eine anhaltende Veränderung zurück, weil die Empfänglichkeit für die ächten Blattern für immer oder wenigstens für eine Reihe von Jahren nach jeder gelungenen Impfung verschwunden ist. Ansteckungsstoffe.

§. 1139. Ein Thier, das längere Zeit gehungert und die in seinem Darm zurückgebliebenen Nahrungsreste größtentheils aufgezehrt hat, scheidet in seinen Ausgaben weniger, als unter regelrechten Verhältnissen ab. Es liefert sparsamere Koth- und Harnmengen, entfernt in diesen kleinere absolute Quantitäten von Harnstoff, haucht weniger Kohlensäure aus und verzehrt nicht so viel Sauerstoff als ein gesundes Geschöpf. Keine dieser Entleerungen fällt aber bis zu den letzten Lebensaugenblicken gänzlich hinweg. Ausgaben des hungernden Thieres.

§. 1140. Die Abmagerung des fastenden Thiers lehrt schon unmittelbar, daß diese fortdauernden Ausgaben von den zerlegten Körpergeweben gedeckt werden. Da ein Säugethier, dessen Blutmenge ungefähr $\frac{1}{5}$ des Körpergewichtes beträgt (§. 694.), $\frac{2}{5}$ desselben, ehe es verhungert, im Durchschnitte zu verlieren pflegt, so folgt, daß die in den Entleerungen allmählig davongehenden Stoffe nach und nach mehr, als die gesammte Blutmasse ausmachen. Der Massenverlust rührt aber von den Körperthätigkeiten vorzugsweise her. Die Muskelzusammenziehung,

welche den Herzschlag (§. 575), die Athmung (§. 739), die Ortsveränderungen der Absonderungen (§. 867.) und die willkührlichen oder unwillkührlichen Bewegungserscheinungen möglich macht, liefert eine Reihe von Umsatzstoffen, die als Kohlensäure, Wasser, Harnstoff u. s. w. zuletzt davongehen. Strengt sich das hungernde Geschöpf körperlich an, so steigen die Ausgaben desselben. Sie sinken dagegen in den Winterschläfern auf kleine Größen hinab. Da aber ein erstarrter Igel, der fast gar nicht athmet, dessen Herz langsam und selten schlägt und der Tage lang an demselben Orte liegen bleibt, Koth und Harn dessenungeachtet entleert (§. 1095.), so folgt, daß diese merklichen Ausgaben von der Einnahme der Nahrung nicht nothwendiger Weise abhängen. Die Umsatzerscheinungen der Körpertheile liefern vielmehr ebenfalls eine gewisse Menge von Wasser und organischen Stoffen, die nur auf den genannten Wegen austreten können.

§. 1141. Die Fortdauer des Herzschlages und der Athembewegungen, die zuletzt hinzutretenden Fiebererscheinungen lassen von vorn herein erwarten, daß das verhungernde Geschöpf verhältnißmäßig beträchtliche Kohlensäuremengen entleeren wird. Boussingault fand in seinen statistisch-chemischen Untersuchungen, daß der Kohlenstoff und der Wasserstoff, die in der Ausdünstung fastender Tauben davongehen, die Hälfte bis ein Dritttheil von dem, was gut ernährte Thiere gleicher Art zu liefern pflegen, ausmacht. Regnault und Reiset gelangten hingegen zu keinen so beträchtlichen Unterschieden. Stellt man ihre Mittelwerthe zusammen, so findet man:

Thier.	Durchschnittliche in Grm. ausgedrückte stündliche Kohlensäuremenge für 1 Kilogr. Körpergewicht.		Thier.	Durchschnittliche in Grm. ausgedrückte stündliche Kohlensäuremenge für 1 Kilogr. Körpergewicht.	
	Ernährt.	Hungernd.		Ernährt.	Hungernd.
Kaninchen . .	1,17	0,71	Huhn	1,39	0,94
Hund.	1,31	0,90	Ente	1,76	1,32

Jene Forscher geben zugleich an, daß die hungernden Geschöpfe etwas mehr Sauerstoff dem Gewichte nach verschlucken, als sie Kohlensäure aushauchen. Das Kohlensäureverhältniß (§. 840.) betrug 0,93 bis 97 in fastenden Kaninchen, 0,996 in Hunden, 0,88 bis 0,97 im Huhne und 0,95 in der Ente. Sollte dieses nicht in der Art der Athmung bedingt gewesen sein (§. 814.), so würde hieraus folgen, daß die hungernden Geschöpfe relativ mehr Sauerstoff für die Verbrennung von Wasserstoff oder für die Erzeugung der in den merklichen Entleerungen austretenden organischen Verbindungen verbrauchen. Wenn zwei wache Murmelthiere

1,17, ein zum Theil eingeschlafenes dagegen nur 0,55 als Kohlensäureverhältniß darbot, so müßte sich das Gleiche in größerem Maaßstabe in der Wintererstarrung wiederholen.

§. 1142. Da das hungernde Geschöpf von seinen eigenen Körpertheilen zehrt, so verhält es sich gewissermaaßen wie ein Fleischfresser, wenn es auch ursprünglich zu den Pflanzenfressern gehört. Die saure Beschaffenheit des Harns, den die fastenden Kaninchen darbieten (§. 972.) und die größere Menge von phosphorsauren und schwefelsauren Verbindungen, die in dem Urin hungernder Menschen vorkommen sollen, erklären sich aus dieser Thatsache.

Umsatz der Körpergewebe.

§. 1143. Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, die Umsatzerscheinungen der Gewebe, welche die Körperthätigkeiten begleiten, auf chemischem Wege genügend zu verfolgen. Man kann nur einige allgemeine Verhältnisse aus den bekannteren Nebenverhältnissen herleiten.

Zweite Veränderung im Blute.

§. 1144. Die Verbindungen, welche die Zusammenziehung der Muskeln erzeugt und die sogleich in die Ernährungsflüssigkeit übergehen, ändern sich im Blute zum zweiten Male, ehe sie den Körper im Harne verlassen. Wir finden den Harnstoff im Blute, nicht aber in dem Wasserauszuge der Muskelmasse. Sollte die Milchsäure dem frischen Urin wahrhaft fehlen, so würde sie, weil sie sich aus den Muskeln darstellen läßt, dasselbe andeuten. Da es noch zweifelhaft ist, ob das Kreatin zu den Producten der chemischen Zerlegung des Harnes gehört (§. 961.), so müssen die Verhältnisse dieses Körpers vorläufig dahin gestellt bleiben. Man kann eben so wenig mit Sicherheit angeben, ob der Sauerstoff des Blutes mehr schwefelsaure und phosphorsaure Salze aus den Schwefel- und Phosphorverbindungen der umgesetzten Eiweißkörper zu erzeugen pflegt oder nicht.

Bildung des Harnstoffes.

§. 1145. Wir haben §. 958 gesehen, daß die künstliche Oxydation der Harnsäure Kohlensäure, Harnstoff und andere Nebenverbindungen erzeugt. Der Genuß harnsaurer Salze vergrößert auch die Harnstoffmengen des Urins. Es liegt daher die Vermuthung nahe, daß der Harnstoff, den wir unter den gewöhnlichen Verhältnissen ausscheiden, von oxydirter Harnsäure herrührt. Es bleiben kleinere Mengen dieser Säure unverändert zurück. Sie treten daher als solche in dem Harne hervor. Die Hippursäure (§. 321.) bildet aber einen ergänzenden Zersetzungsstoff, der verhältnißmäßig mehr Kohlenstoff und weniger Stickstoff einschließt.

Gichtablagerungen.

§. 1146. Die krankhaften kreideähnlichen Ablagerungen, welche die Gelenke gichtischer Menschen steif machen, bestehen vorzugsweise aus harnsauren Verbindungen, vor Allem aus dem so schwer löslichen harnsauren Natron (§. 977.). Man hat daher auch dieses Leiden von einer sogenannten harnsauren Diathese, d. h. von einem Mangel der Oxydation der ursprünglich erzeugten Harnsäure herzuleiten gesucht.

Schicksale der Galle.

§. 1147. Da ein Theil der Galle in dem Darme aufgesogen wird (§. 468.), so nahm Liebig an, daß diese in das Blut zurückkehrenden Verbindungen der Athmung dienen. Die organischen Nebenerzeugnisse

würden in dem Harne austreten. Zieht man die verhältnißmäßig geringen Gallenmengen, welche die Leber liefert (§. 917.), in Betracht, so ergiebt sich, daß nicht alle Kohlensäure, welche in der Ausdünstung davongeht, von den eingesogenen Gallenstoffen herrührt. Es wäre aber dessenungeachtet möglich, daß die Gallenbestandtheile, die selbst schon einen Reinigungsabsatz des Blutes bilden, eine größere Geneigtheit zur Endzersetzung darbieten. Die Cholsäure (§. 926.) und die Hippursäure liefern Leimzucker unter dem Einflusse der Alkalien. Jene erzeugt dann nebenbei Cholal- und diese Benzoesäure.

Körperausgaben bei stickstoffloser Nahrung

§. 1148. Frerichs[38]) nimmt nach seinen am Hunde und Kaninchen gemachten Beobachtungen an, daß ein mit stickstoffloser Nahrung erhaltenes Thier ungefähr eben so viel Harnstoff, als ein hungerndes Geschöpf in seinem Urine täglich ausführt. Wir haben dagegen schon (§. 951.) gesehen, daß der Genuß der stickstoffreichen Speisen die Harnstoffmengen beträchtlich erhöht. Die Unterschiede, welche der Harn der Pflanzen- und der Fleischfresser darbietet (§. 972.), erklären sich aus der Verschiedenheit der Umsatzproducte, welche die vorherrschend ternären oder quaternären Nahrungsmittel (§. 269.) liefern können.

Umlauf der Durchgangskörper.

§. 1149. Man hat sich den Umlauf der eingeführten stickstoffreichen Speisen auf zweierlei Weise vorgestellt. Manche ließen die Zersetzung derselben im Blute vor sich gehen. Wir hätten hiernach einen einfacheren Durchgang der Speisebestandtheile, der nur die Gewebe vor Angriffen, wie sie zur Fastenzeit auftreten, bewahrt. Andere dagegen dachten sich, daß die stickstoffreichen Verbindungen der Einnahmen zu Gewebtheilen werden und daß diese entsprechende Aequivalente von Zersetzungskörpern ausscheiden. Diese Vorstellung führt aber zu zweierlei Folgerungen, welche die Betrachtung der übrigen Lebenserscheinungen nicht unterstützt. Die einzelnen Körpergewebe müßten einer sehr raschen Integralerneuerung und die Fleischfresser einem weit schnelleren durchgreifenden Wechsel ihrer Masse als die Pflanzenfresser unterworfen sein.

Entleerungs- und Ersatzstoffe.

§. 1150. Eine dritte Hypothese hat die größte Wahrscheinlichkeit für sich. Ein Theil der stickstoffreichen Nahrungsmittel, die von dem Blute aufgenommen werden, zerlegt sich schon hier in Kohlensäure, Harnsäure, Harnstoff und anderen Verbindungen, welche in den verschiedenen Entleerungswegen davongehen. Da aber dieser Umsatz seine durch die Blutbeschaffenheit gegebenen Grenzen hat, so schwitzt ein anderer Theil in die Ernährungsflüssigkeit durch, ergänzt hier, was nöthig ist, und kehrt mit den Umsatzstoffen, welche die Körperthätigkeiten lieferten, in den Saugadern oder auch vielleicht in dem Venenblute zurück. Er zerlegt sich später ebenfalls und kommt in den Ausgaben in veränderter Form zum Vorschein. Diese Auffassungsweise nimmt keinen einfachen Durchtritt der Nahrungsmittel durch das Blut an. Sie setzt überdieß keine grelle Kluft zwischen dem Stoffwechsel der Pflanzen- und dem der Fleischfresser voraus.

Fettbildung aus Kohlenhydraten.

§. 1151. Die Stärkemehlkörper verwandeln sich zwar häufig in Traubenzucker oder in Milchsäure (§. 461.). Sie können aber auch oft genug Fett und zwar vermuthlich auf dem Wege der Fettgährung (§. 326.) erzeugen helfen. Die bekannte Wirkung des Stopfens der Gänse erklärt sich auf diese Weise. Es hängt hiermit zusammen, daß eine Milch gebende Kuh mehr Fett in ihrer Milch ausführt, als sie in den Nahrungsmitteln eingenommen hat.

Unterschiede der Schicksale der einzelnen stickstofflosen Speisen.

§. 1152. Obgleich die Verbrennung der Kohlensäurehydrate eben so gut beträchtliche Kohlensäuremengen, als die der Fette liefern kann, so ist es doch nicht gleichgültig, welche von diesen beiden Arten stickstoffloser Verbindungen die Nahrung bildet. Die Fette (§. 305.) werden zu diesem Zwecke mehr Sauerstoff, als die Stärkemehlkörper (§. 304.) nöthig haben. Es erklärt sich hieraus, weshalb ein Hund, der nur mit Rindsfett erhalten wird, nach und nach fett, nicht aber kräftig wird und eine widerliche, nach flüchtigen Fettsäuren (§. 309.) riechende Ausdünstung zu liefern pflegt. Es versteht sich übrigens von selbst, daß die Unterschiede des Verbrennungsprocesses, den die Kohlenhydrate und die Fette zeigen, auf die übrigen Ausscheidungen zurückwirken werden.

Schicksale der Aschenbestandtheile der Nahrungsmittel.

§. 1153. Viele der Aschenbestandtheile der Nahrungsmittel gehen ohne Weiteres in den Harn über. Andere oxydiren sich vorher auf Kosten des Sauerstoffes des Blutes (§. 973). Da die Muskeln mehr Kali und Talk, die Galle und das Blut dagegen mehr Natron und Kalk führen, (§. 354 und §. 925.), so wird wahrscheinlich eine Sonderung in dieser Beziehung mehr oder minder durchgreifen können. Der Koth der Menschen pflegt verhältnißmäßig mehr Talk-, als Kalkverbindungen unter den gewöhnlichen Verhältnissen darzubieten.

Umsatz der Körperbestandtheile.

§. 1154. Der Umsatz der Körpergewebe ist in noch größeres Dunkel, als der der Speisemassen gehüllt. Die Chemie war noch nicht im Stande, die feineren Unterschiede, welche die einzelnen Bestandtheile darbieten, und selbst die wesentlichen Merkmale der mannigfachen Eiweißkörper, der verschiedenen Faserstoffmassen und der Knorpelsubstanzen genauer zu verfolgen. Manche Ausdrücke, denen man auf diesem Gebiete begegnet, fußen auf ungenügenden Voraussetzungen. Wenn man z. B. von einem Faserstoffe der Muskeln spricht, so stützt sich diese Benennung nur auf die angebliche Aehnlichkeit mit dem Faserstoff des Blutes. Die mikroskopische Beobachtung widerlegt aber diese Parallele (Taf. IV. Fig. LXIV. und Taf. II. Fig. XXV. a.). Die Eiweißkörper, die wahrscheinlich selbst schon gepaarte Verbindungen sind, können leicht gegenseitig und in andere organische Stoffe übergehen. Nur leise und verwickelte Wechselerscheinungen, welche die Natur mit Erfolg ausbeutet, die aber den verhältnißmäßig rohen Hilfsmitteln des Chemikers unbemerkt bleiben, führen hier zu den wesentlichsten Verschiedenheiten des äußeren Aussehens und der physikalischen Eigenschaften.

§. 1155. Die wenigen Thatsachen, die man hier bis jetzt mit Sicherheit ermittelt hat, beziehen sich auf die allmähligen Veränderun-

gen, welche die Gewebe im Laufe der Entwickelung erleiden. Wenn eiweißreiche jüngere Theile späterhin verhornen, so verlieren sie Kohlenstoff und gewinnen daher verhältnißmäßig an Stickstoff. Es hängt hiermit wahrscheinlich zusammen, daß sich Fett und Pigment in und neben den Horngeweben so häufig ablagern (§. 1030.). Der Schleim erzeugt sich aus einer alkalischen oder salzreichen Lösung von Verbindungen, die der Gruppe der Hornstoffe, des Keratin oder verwandten Körpern angehören (§. 880 fgg.). Der bleibende Knorpel giebt Knorpelleim, das Knorpelskelett der Knochen dagegen gewöhnlichen Leim (§. 317.). Die Knochen von Kindern oder von krankhaft verknöcherten Neugebilden pflegen verhältnißmäßig weniger Kalksalze einzuschließen.

§. 1156. Die ächte Zahnsubstanz (Taf. III. Fig. XLIX. a. d. b.) führt 71 bis 79 %, der Schmelz (Fig. XLIX b. c.) dagegen 94 bis 96,4 % Aschenbestandtheile. Die Zähne im Ganzen haben 78,8 %. Ein Dritttheil kommt ungefähr auf das organische Knorpelskelett und zwei Dritttheile auf die Aschenbestandtheile der gesunden Knochen des Menschen und der Säugethiere. Kohlensaure und phosphorsaure Kalkerde bilden dabei die Hauptmasse der feuerfesten Verbindungen. Die kohlensauren Salze nehmen jedoch einen kleineren Bruchtheil in Anspruch. Die Knochenerweichung, die englische Krankheit und bisweilen auch der Knochenfraß führen zu geringeren Mengen von Erdsalzen und zu größeren der organischen Verbindungen, vorzüglich der Knochengebilde. Die regelwidrige Biegsamkeit, die wir in den beiden zuerst genannten Krankheitsarten antreffen, erklärt sich auf diese Weise. Der saure Harn enthält dann bisweilen größere Mengen von Kalksalzen.

§. 1157. Kein regelrechtes Weichgebilde führt so bedeutende Aschenmengen, als die eben betrachteten Gewebtheile. Die Knorpel, welche noch die größten Werthe darbieten, liefern nur den zwanzigsten bis fünfundzwanzigsten Theil der Aschenmenge, die eine gleich schwere Probe von Knochensubstanz besitzt. Die übrigen Gebilde zeigen noch geringere Werthe. Die feuerfesten Bestandtheile fallen meist im Greisenalter größer, als in früheren Lebensjahren aus.

Eigenwärme der Thiere.

§. 1158. Ein Mensch, ein Säugethier oder ein Vogel, der sich in einer Luft von 10° bis 20° C. aufhält, zeigt dessenungeachtet eine 37°,5 C. oder 30° R. nahestehende Wärmegröße in der Mundhöhle, dem Mastdarme und anderen Innentheilen. Man schreibt dieses der Eigenwärme oder der thierischen Wärme zu und nennt diejenigen Geschöpfe, welche jene Erscheinung darbieten, warmblütige Wesen. Die meisten Amphibien und Fische und der größte Theil der wirbellosen Thiere dagegen liefern Wärmewerthe, die von denen ihrer Umgebung wenig abweichen. Der Name kaltblütige Thiere erklärt sich hieraus ohne Weiteres. Thierische Wärme.

§. 1159. Diese Eintheilung der Thierwelt läßt sich aber nicht scharf durchführen. Manche Reptilien, wie die brütenden Schlangen, einzelne Fische, wie der Thunfisch und viele haufenweise zusammenlebenden Insekten, zeigen eine Temperaturerhöhung, welche zwar die der warmblütigen Geschöpfe keineswegs erreicht, jedoch immer noch verhältnißmäßig bedeutend ausfällt. Die Wärme, die man in dem Inneren der Bienenstöcke bemerkt, rührt von diesem Umstande größtentheils her. Die erstarrten Winterschläfer (§. 1095.) verhalten sich eher, wie kaltblütige Geschöpfe, während sie im Wachen mit den übrigen Säugethieren übereinstimmen. Mittelformen zwischen warm- und kaltblütigen Thieren.

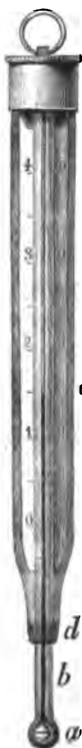
§. 1160. Verfolgt man die Verhältnisse der sogenannten kaltblütigen Geschöpfe genauer, so findet man, daß sie keineswegs aller Eigenwärme entbehren. Sie liefern nur so geringe Werthe, daß diese von den irgend kräftiger eingreifenden Abkühlungsmomenten größtentheils aufgewogen oder selbst gänzlich beseitigt werden. Man erhält daher unbedeutendere Temperaturerhöhungen in den glücklichsten und sogar Wärmeerniedrigungen in den ungünstigsten Fällen. Da ihre Wärme mit den Nebenverhältnissen relativ stärker und daher im Ganzen sichtlicher wechselt, so haben auch Donders und Bergmann andere Benennungen vorgeschlagen. Die warmblütigen Geschöpfe sollten z. B. als gleichwarme oder homöotherme und die kaltblütigen als wechselwarme oder poekilotherme bezeichnet werden. Eigenwärme der kaltblütigen Wesen.

§. 1161. Man hat die Eigenwärme auf doppeltem Wege, mittelst des Thermometers oder mit Hilfe von thermoelektrischen Apparaten bestimmt. Diese letzteren können Bruchtheile von Graden, welche die empfindlichsten Thermometer mit Sicherheit nicht mehr anzeigen, erkennen lassen. Ermittelung der Eigenwärme.

Thermometrische Prüfung.

§. 1162. Fig. 209 stellt eine zu diesen Beobachtungen passende Thermometerform in natürlicher Größe dar. Die Kugel *a* und der untere Theil der Steigröhre *b* ragen aus der Hülse *c*, in welche die Letztere bei *d* eingekittet oder eingeschmolzen ist, hervor. Man kann daher *a* und *b* in den äußeren Gehörgang, den Mastdarm, die Scheide selbst kleinerer Thiere einführen. Das Quecksilber steigt schon rascher bis zu dem nöthigen Höhenpunkte, weil die Kugel frei steht. Die Schnelligkeit der Erhebung wird aber noch dadurch befördert, daß der Durchmesser der Steigröhre (*b*) einen nur kleinen Bruchtheil von dem der Kugel (*a*) bildet. Die Eintheilung geht bloß bis 45°, weil höhere Wärmegrade in den Thieren nicht vorkommen.

Fig. 209.

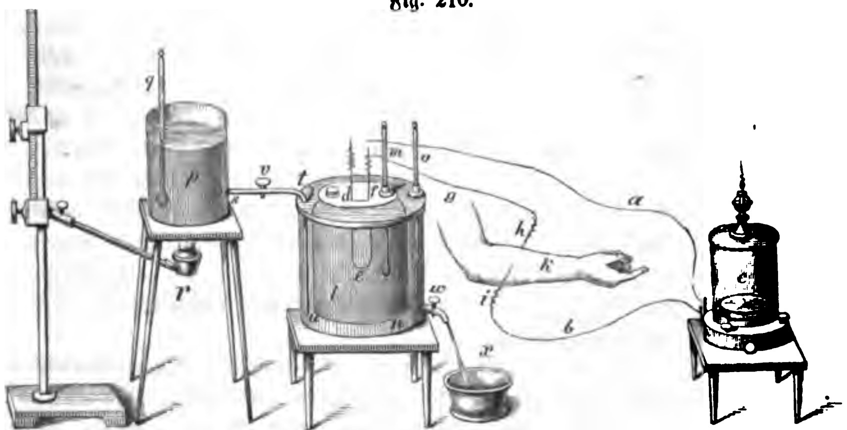


Thermomagnetische Untersuchung der Eigenwärme.

§. 1163. Zwei oder mehrere verschiedenartige zusammengelöthete Metallstäbe, welche eine geschlossene Kette bilden helfen, liefern einen am Galvanometer (§. 220.) nachweisbaren elektrischen Strom, so lange die Temperatur der einen Löthstelle von der der anderen abweicht. Wismuth und Spießglanz eignen sich zu solchen Beobachtungen in vorzüglichem Grade. Kupfer und Eisen dagegen geben geringere Ausschläge der Magnetnadel. Die Abweichung von dieser wächst mit dem Temperaturunterschiede der Löthstellen. Sie und die Wärme der einen Löthung können dann über den Wärmegrad der zweiten Aufschluß geben.

§. 1164. Diese Andeutungen werden uns die in einzelnen physiologischen Untersuchungen gebräuchlichen thermo-elektrischen Vorrichtungen verständlich machen. Fig. 210 stellt den Apparat, dessen sich Becquerel und Breschet

Fig. 210.



bedient haben, dar. *a* und *b* sind zwei Kupfernadeln, die mit einer Galvanometervorrichtung, einem sogenannten Thermomultiplicator

c in Verbindung stehen. *de* ist eine kupferne und *ef* eine mit ihr zusammengelöthete Stahlnadel. *de* vereinigt sich mit dem Ende des Kupferdrathes *a* und *ef* mit dem des Stahldrathes *g*. Ein zweites Stück, *hi*, besteht ebenfalls aus einem Kupfer- und einem angelötheten Stahldrathe. Denkt man sich alles Uebrige hinweg und *hi* mit *g* und *b* verbunden, so bilden *adefghib* und der Drath des Thermomultiplicators *c* eine geschlossene Kette. Die in *c* befindliche Magnetnadel wird daher um eine gewisse Größe abweichen, so wie die Löthstelle *e* wärmer oder kälter, wie die zu *hi* gehörende Löthung ausfällt.

Man versenkt nun *def* in einen Wasserbehälter *l*, dessen Temperatur das Thermometer *m* anzeigt. Er selbst befindet sich in einem zweiten Wasserbehälter *n*, über dessen Wärme das Thermometer *o* belehrt, dem neues warmes Wasser von *p* durch *stu* zuströmen und aus dem der Ueberschuß von *w* nach *x* abfließen kann. Diese Einrichtung soll die Wärme des in *l* befindlichen Wassers und mithin auch die der Löthstelle *e* beständig erhalten. Sticht man nun die andere Löthnadel durch die Muskeln *k* des Vorderarmes eines Menschen hindurch, so wird die in *c* befindliche Magnetnadel um einen gewissen Bogen der Gradeintheilung abweichen. Nehmen wir an, die Größe desselben entspräche + 1,8 Celsius'schen Wärmegraden und das Thermometer *m* stehe auf 35° C., so muß die Temperatur des Muskels 36°8 C. gleichen.

§. 1165. Das Thermometer zeigt im Durchschnitt 37°,0 bis 37°,3 C. unter der Zunge, 37°,0 bis 39°,0 C. im Mastdarme, 37°,9 bis 38°,3 in der Scheide und 36°,1 bis 38°,6 in der Harnröhre des Menschen. Breschet und Becquerel fanden dagegen nur 34°,8 C. für das Unterhautzellgewebe und 36°,7 bis 37°,0 C. für den zweiköpfigen Muskel des Oberarmes. Die äußere Haut, welche die angrenzende Atmosphäre und andere Berührungskörper abzukühlen pflegen, liefert fast durchgehends niedere Werthe. Sie halten sich zwischen 32° und 36°,5 unter den gewöhnlichen Temperaturverhältnissen. *Eigenwärme der einzelnen Theile des Menschen.*

§. 1166. Manche tiefere innere Theile der Säugethiere und wahrscheinlich auch des Menschen, sind wärmer, als die eben angeführten Gebilde. Berger fand z. B. 40°,3 C. für das Gehirn, 41°,3 für die Leber und 41°,4 C. für die Lungen des Schaafes. Die meisten Forscher erhielten etwas geringere Wärmemengen für das Venen-, als für das Arterienblut. Breschet und Becquerel geben an, daß das Blut der Aorta und der Schenkelschlagader um 0°,8 bis 1°,1 C. wärmer, als das der Hohlvene ausfällt. Hering hingegen gelangte zu entgegengesetzten Resultaten. Die venöse Blutmasse der rechten Kammer des §. 633 erwähnten an Herzvorfall leidenden Kalbes lieferte 39°,4 C., die arterielle des linken Ventrikels dagegen nur 38°,8 C. Berger hat einen ähnlichen Unterschied im Schaafe gefunden.

Eine große Reihe von Nebenbedingungen, auf die wir sogleich zurückkommen werden, kann die Werthe der Eigenwärme merklich verändern. Die Schwankungen halten sich jedoch meistentheils in engen Grenzen. *Schwankungen der Eigenwärme.*

Sie betragen oft nur Bruchtheile von Graden und selten mehr als 1 bis 2° C. Dieser Umstand erschwert es in hohem Grade, die feineren Einflüsse der Außenverhältnisse zu verfolgen. Man ist immer nur auf statistische Mittelwerthe, welche die mannigfachen, ziemlich gleichförmig thätigen Anregungen unsicherer machen, angewiesen.

Beständigkeit der Eigenwärme unter verschiedenen Nebenbedingungen.

§. 1167. Die Unterschiede der Lebensalter, der Menschenracen, der Höhen und der Klimate der Aufenthaltsorte führen zu keinen beständigen Abweichungen der Eigenwärme, welche die eben erwähnten gewöhnlichen Schwankungen sichtlich überschritten. Ein Greis von 80 bis 90 Jahren kann eben so gut als ein Kind, das Tags zuvor zur Welt gekommen, 37° bis 37°,5 C. darbieten. Die Unterzungengegend gab nach J. Davy 37°,3 C. als Mittelwerth für Engländer, die auf Ceylon wohnten, und 37°,0 bis 38°,6 C. für die mannigfachen Arten farbiger Menschen, die auf jener Insel lebten. Man hat vielfach behauptet, daß die dunkle Hautfarbe der Neger für die heißen Klimate, denen sie ursprünglich angehören, berechnet ist. Obgleich manche physikalische Gründe und die braunen oder rothen Menschenracen der kälteren Zonen gegen diese Ansicht zu sprechen scheinen, so muß es doch auffallen, daß gerade die Negeralbinos jenen höchsten Werth von 38°,6 C. dargeboten haben.

§. 1168. Breschet und Becquerel fanden, daß die Eigenwärme des zweiköpfigen Armmuskels eines und desselben jungen Mannes 36°,90 C. in Martinach im Wallis und 36°,95 auf dem St. Bernhard betrug. Jener Punkt erhebt sich aber 476 und dieser 2193 Meter über dem Meeresspiegel. Eydoux und Souleyet schließen aus ihren statistischen Beobachtungen, daß die Durchschnittsgröße der Eigenwärme am Cap Horn bei 0° C. und 59° südlicher Breite nur um 1° C. zu sinken pflegt.

§. 1169. Dieser geringe Wechsel der Temperaturen der Innentheile wiederholt sich auch unter vielen gewöhnlichen Verhältnissen. Wenn ein Mensch in einem warmen Bade sitzt, so erhöht sich zwar die Hautwärme, weil die Abkühlung, die von der kälteren Luft und der Wasserdampfbildung des Blutes ausgeht, hinwegfällt. Freie Innenflächen, wie die der Harnröhre, können etwas Aehnliches darbieten. Die Wärme des zweiköpfigen Armmuskels dagegen stieg nur um 0°,4 C. in Breschet und Becquerels Versuchen, wenn selbst die des umgebenden Wassers 49° C. betragen hatte. Hielt sich der Arm in gefrierendem Wasser längere Zeit auf, so sank die Eigenwärme jenes Muskels bloß um 0°,2 C.

Veränderungen der Eigenwärme.

§. 1170. Ein Thier, dem eine größere Menge kalten Wassers in das Blut gespritzt worden, bietet im Anfange etwas niedere Temperaturgrößen aus leicht begreiflichen Gründen dar. Dasselbe kann nach Bergmann für die Unterzungenwärme des Menschen nach dem Genusse kalter Flüssigkeiten wiederkehren. Die Verdauung oder vielmehr die hierdurch bedingten lebhafteren Verbrennungserscheinungen (§. 822.) erhöhen umgekehrt die hier in Betracht kommenden Werthe. Gierse erhielt z. B. unter seiner Zunge 37°,1 C. vor und 37°,5 C. nach dem Mittagessen.

Wenn sich die Muskeln zusammenziehen, so steigt die Eigenwärme derselben. Breschet und Becquerel konnten eine Zunahme von 1° C. in dem zweiköpfigen Armmuskel erreichen. Davy fand, daß die anhaltende Bewegung die Temperatur der Haut, der Mundhöhle und des Harnes vergrößert. Der dann lebhafter durchgreifende Umsatz der Körpergebilde wirkt daher so sehr als möglich auf den übrigen Organismus zurück. Die an vielen Orten eingeleitete Verbrennung (§. 330.) und die Wärmeausgleichung (§. 197.) tragen hierzu gemeinschaftlich bei.

Wärme der thätigen Muskeln und Nerven.

§. 1171. Die thermomagnetischen Untersuchungen, welche Helmholtz an Fröschen anstellte, lehrten, daß die Temperatur der sich zusammenziehenden Muskeln bei Weitem beträchtlicher, als die der Nerven, welche die Verkürzung anregen, in die Höhe geht. Hatten elektrische Reize, die das Rückenmark trafen, die Schenkelmuskeln eines Froschpräparates in anhaltende Starrkrämpfe versetzt, so stieg die Wärme der Muskelmassen um 0°,14 bis 0°,18 C., die der Nerven dagegen vermehrte sich entweder gar nicht oder höchstens nur um 0°,002 bis 0°,003 C.

Eigenwärme hungernder Thiere.

§. 1172. Ein Thier, das dem Hungertode preisgegeben wird, kann kleinere oder größere Werthe nach Verschiedenheit der Verhältnisse darbieten. Die Durchschnittsgrößen pflegen aber nach Chossat allmählig zuzunehmen. Nur der letzte, dem Tode unmittelbar vorangehende Zeitraum führt zu sichtlicheren Ausnahmen in dieser Beziehung.

Eigenwärme der weiblichen Geschlechtstheile.

§. 1173. Fricke und Gierse konnten keine beständige Wärmeerhöhung in der Scheide (z, Fig. 9, S. 35) schwangerer Frauen wahrnehmen. Die Menstruation liefert ebenfalls keine wesentlichen Abweichungen. Das Scheidenrohr hat dann die gewöhnlichen Werthe oder höchstens 0°,3 C. mehr, als sonst.

Eigenwärme nach Unterdrückung der Hautausdünstung.

§. 1174. Ist die Haut eines Kaninchens mit einem luftdichten Firniß bestrichen worden, so sinkt die Eigenwärme des dem Tode entgegen eilenden Geschöpfes nach Breschet und Becquerel in auffallendem Maaße. Die der Muskeln, die vorher 38° C. betrug, ging nach jenen Forschern auf 24°,5 bis 20° C. schon nach einer Stunde herab.

Objective und subjective Wärme.

§. 1175. Die Hautwärme erhöht sich zwar in geringem Grade während der Hitzezeit eines Fieberanfalls. Man muß aber hier, wie in vielen anderen Fällen, die objective Wärme, welche die physikalischen Vorrichtungen (§. 1162.) anzeigen, von den subjectiven Wärmegefühlen wohl unterscheiden. Jene bildet die nothwendige Folge der chemischen Thätigkeiten des Organismus und der gleichzeitig eingreifenden physikalischen Nebenbedingungen, diese hingegen den Ausdruck gewisser Molecularveränderungen der Nervenmasse, die auch unter ganz anderen Verhältnissen auftreten und auf das Verschiedenste gedeutet werden können. Die eigenthümlichen Erscheinungen, welche die Wechselfieber darbieten, können diese Ansicht deutlich belegen.

Eigenwärme der Fieberkranken.

§. 1176. Ein Mensch, der von dem heftigsten Schüttelfroste im Anfange des Wechselfiebers befallen wird, sollte scheinbar eine geringere Hautwärme liefern. Das Thermometer lehrt aber gerade das Gegen-

theil. Man findet eine höhere Temperatur als gewöhnlich und der Unterschied kann sogar 4° C. nach Gavarret betragen. Die subjective Natur jenes Kältegefühles erklärt es auch, weshalb der Frost nicht sogleich schwindet, wenn man den Kranken noch so warm zudeckt. Folgt später die Hitze nach, so hat sich deswegen die Eigenwärme nicht erhöht, obgleich der Mensch vor Gluth zu verbrennen glaubt. Das Gefühl der Hand kann hierbei wesentlich täuschen. Kommt es auch unseren betastenden Fingern vor, daß die Haut beträchtlich erwärmt sei, so führen doch die physikalischen Prüfungen zu geringeren Unterschieden, als man hiernach zu erwarten pflegt. Der Schweiß endlich, der das Ganze beschließt, wird die Hautwärme der Verdunstung der Flüssigkeiten wegen (§. 184.) eher herabsetzen.

Heizung des lebenden Körpers.

§. 1177. Wir haben schon §. 209 gesehen, daß die thierische Wärme in den Verbrennungsprocessen, die in dem Organismus fortwährend unterhalten werden, vorzugsweise begründet ist. Die beschränkte Elementaranalyse (§. 330.), die der eingeathmete Sauerstoff einleitet, die Umwandlung gewisser Mengen von Kohlenstoff und Wasserstoff der Nahrungsmittel und der eigenen Körpertheile müssen eine bestimmte Zahl von Wärmeeinheiten frei machen (§. 208.). Diese erwärmen zunächst diejenigen Gebilde des Organismus, in denen jener Vorgang gar nicht oder in nur sehr untergeordnetem Maaße durchgreift (§. 202.). Sie decken überdies die Wärmeverluste, welche die umgebende Luft, der berührende Fußboden, die eingeführten kälteren Speisen u. dgl. bedingen. Der Stoffwechsel macht daher gewissermaaßen den Körper zu einem Ofen, der sich und seine Nachbarmassen heizt, sich selbst aber eine möglichst beständige Hitze in den warmblütigen Geschöpfen vorbehält.

Ausgleichung der Heizung.

§. 1178. Diese Gleichförmigkeit der Eigenwärme bildet keine so räthselhafte Erscheinung, als es auf den ersten Anblick erscheint. Es zeigt sich häufig deutlich genug, daß die Hauptbedingungen des Stoffwechsels, die nöthige Menge der Nahrungsmittel, der Sauerstoffverbrauch, die Kohlensäurebildung und der Verbrennungsproceß überhaupt mit den für die Wärmeverhältnisse in Betracht kommenden Nebenumständen wesentlich abweichen.

§. 1179. Ein kleinerer Körper kühlt unter sonst gleichen Bedingungen rascher ab, weil er eine im Verhältniß zu seinem Rauminhalte beträchtlichere Oberfläche der ableitenden Umgebung zu Gebote stellt. Er muß daher eine lebhaftere Wärmequelle besitzen, wenn seine Temperatur beständig bleiben soll. Dieser Umstand macht sich auch für die kleineren warmblütigen Geschöpfe, so weit es die Nebenverhältnisse gestatten, durchgreifend geltend.

§. 1180. Die relativen Mengen des verzehrten Sauerstoffes und zum Theil die der ausgeschiedenen Kohlensäure geben einen ungefähren, keineswegs aber einen vollständigen Maaßstab für die Stärke der Heizung, welche der Verbrennungsproceß des Körpers zu Stande bringt. Größere Ausgaben machen aber wiederum bedeutendere Einnahmen nöthig.

Ein kleineres Thier wird daher im Allgemeinen verhältnißmäßig mehr essen, mehr Sauerstoff aufnehmen und reichlichere Kohlensäurequantitäten aushauchen.

Stellen wir einige hierher gehörende Durchschnittswerthe zusammen, so können wir diesen Satz größtentheils bestättigt finden. Wir haben z. B.

Thier.	Mittleres Körpervolumen in Cubikcentimetern.	Stündliche, auf 1 Kilogr. Körpergewicht kommende Durchschnittsmenge in Grm.		
		Nahrungsmittel.	Verzehrter Sauerstoff.	Ausgehauchte Kohlensäure.
Mensch	51000	2,26	0,62	0,72
Alte Hunde	5790	—	1 19	1,26
Junge sehr fette Hündchen .	755	—	1,05	1,10
Alte Kaninchen	3370	– –	0,85	1,03
Junge Kaninchen	201	—	1,26	1,44
Mäuse	9,9	16,4	10,87	12,33
Tauben	317	—	1,31	1,54
Kreuzschnabel	27	—	10,97	12,03

Man sieht hieraus, daß die Maus ungefähr 8 Mal so viel Nahrungsmittel, als der Mensch verhältnißmäßig verzehrt. Bedenkt man, daß sie weniger Getränke, als wir, zu sich nimmt, so muß die relative Menge der festen Stoffe noch beträchtlicher steigen. Es liegt hierin einer der Hauptgründe, weshalb sie 17 bis 18 Mal so viel Sauerstoff aufnimmt und eben so stärkere Kohlensäuremengen ausscheidet. Die für den Kreuzschnabel angeführten Werthe lehren ebenfalls, daß die kleinen Geschöpfe eine kräftigere Heizung einleiten. Die übrigen angeführten Thiere bestättigen das Gleiche, wenn auch in minder schroffen Zahlenwerthen.

Betrachten wir die einzelnen Größen genauer, so sehen wir zunächst, daß die Mengen des verzehrten Sauerstoffes nicht in umgekehrtem Verhältnisse der Körpervolumina steigen. Obgleich z. B. der Mensch nahebei 10 Mal so umfangreich, als ein Hund von mittlerer Stärke ausfällt, so beträgt doch sein relativer Sauerstoffverbrauch nur etwa die Hälfte jenes Thieres. Wir bemerken ferner, daß die Vögel jene Vorzüge, die man ihnen den Säugethieren gegenüber zuzuschreiben pflegt, in jeder Beziehung keineswegs besitzen. Prüft man nämlich die Eigenwärme der Vogelkloake, d. h. des gemeinschaftlichen Ausgangsrohres der Harn-, der Geschlechtswerkzeuge und des Mastdarmes, so erhält man in der Regel 41° bis 43° C. oder etwas mehr, als in den Säugethieren. Sehr kleine Vögel, solche, die unausgesetzt hin- und herfliegen, verzehren

allerdings verhältnißmäßig viel Sauerstoff. Die noch kleineren Mäuse liefern aber schon einen lebhafteren Verbrennungsproceß, als unsere größeren Singvögel. Die mittelgroßen Hausvögel, wie die Tauben oder die Hühner, heizen sogar ihren Körper nur wenig stärker, als ein junges Kaninchen.

§. 1181. Es ergiebt sich von selbst, daß die Natur der Gewebtheile eines jeden einzelnen Thieres, die Beschaffenheit der Nahrung, die Mechanik der Athmung, die sich erzeugenden Wasserdämpfe und die Abkühlungsmomente überhaupt auf diesem ganzen Gebiete wesentlich durchgreifen. Es lag z. B. in solchen Bedingungen, wenn junge sehr fette Hunde verhältnißmäßig weniger Kohlensäure, als alte im Durchschnitt dargeboten haben.

§. 1182. Ein Mensch, der im Kalten athmet, führt eine schwerere Luft in seine Lungen ein (§. 195.). Er verzehrt daher größere Gewichtsmengen von Sauerstoff, wenn auch die Volumina die gleichen bleiben. Er kann deshalb eine beträchtlichere Masse von Nahrungsstoffen verbrennen und seinen Körper stärker heizen. Die durchgreifendere Abkühlung, welche die Winterkälte begleitet, findet auf diese Weise ihr Ausgleichungsmittel in der Erhöhung der Athmungsthätigkeit. Es erklärt sich zugleich hieraus, weshalb der Aufenthalt im Kalten Hunger erregt und die starke Hitze den Appetit merklich herabsetzt.

Werth der Verbrennungshypothese.

§. 1183. So sehr nun auch die eben angeführten Thatsachen die Ansicht stützen, daß die Eigenwärme der Thiere die Folge der im Körper Statt findenden Verbrennungsprocesse bildet, so wenig ist man im Stande, diese Vorstellung auf eine vollkommen genügende Weise durchzuführen und die Einflüsse, welche andere Nebenbedingungen ausüben, mit hinreichender Schärfe anzugeben. Man hat häufig den Versuch gemacht, die Verbrennungswärme des thierischen Körpers auf die schon §. 209 erläuterte Weise zu berechnen und die gefundenen freien Wärmeeinheiten mit denen der Abkühlungsmomente zu vergleichen. Man erhielt auf diese Weise Ueberschußgrößen, welche die Eigenwärme des menschlichen Körpers und selbst das so langsame Erkalten der Innentheile der Leichname zu erklären schienen. Diese Bestimmungen können aber Nichts beweisen, weil sie auf einer Reihe zweifelhafter und zum Theil unrichtiger oder wenigstens unwahrscheinlicher Voraussetzungen fußen. Wir wissen nicht, welche organischen Körper in jedem Einzelfalle verbrennen und können daher die Mengen der dadurch frei werdenden Wärmeeinheiten nicht sicher feststellen (§. 208 ff.). Alle Grundzahlen, die der Heizung und die der Abkühlung, sind überdies nur mittlere Schätzungswerthe, die zwar als anschauliche Beispiele, nicht aber als mathematische Beweise gebraucht werden dürfen.

Räthselhafte Schwankungen der Eigenwärme.

§. 1184. Läßt man selbst dieses bei Seite, so stößt man noch auf mehrere Erscheinungen, die sich für jetzt nach der Verbrennungstheorie allein nicht vollständig erklären lassen. Manche von dem Nervensysteme ausgehende Wirkungen, wie die Uebelkeit, die Ohnmacht, führen zu

örtlichen Temperaturerniedrigungen einzelner Hautstellen, ohne daß der Kreislauf und die Athmung in entsprechendem Grade heruntergehen. Nur andere Hypothesen, die wir in der Nervenlehre kennen lernen werden, dürften von diesen Thatsachen Rechenschaft geben. Obgleich ein hungerndes Thier geringere Kohlensäuremengen liefert (§. 1139.), so pflegt doch seine Eigenwärme eher zu steigen, als abzunehmen. Es ändert sich daher vielleicht die Wärmecapacität der Thiergewebe (§. 200.) oder es werden, was viel wahrscheinlicher ist, Stoffe verbraucht, die eine größere Verbrennungswärme zu liefern vermögen. Die reichlichere Orydation von Wasserstoff (§. 208.) könnte schon zum Theil zu diesem Ziele führen. Künftige Untersuchungen werden noch feststellen müssen, ob etwas Aehnliches in den Winterschläfern, die nicht immer in gleichem Verhältnisse der Abnahme ihrer Kohlensäurebildung zu erkalten scheinen, wiederkehrt oder nicht. Es ist jedenfalls für die Verbrennungswärme nicht gleichgültig, ob Fette, Kohlenhydrate, Eiweißkörper oder Mischungen dieser Stoffe verzehrt und auf welche Weise sie umgesetzt werden.

§. 1185. Die §. 1123 erläuterten Schicksale des eingeathmeten Sauerstoffes machen es wahrscheinlich, daß ein Theil der Eigenwärme im Blute und ein anderer in den Geweben oder in der Ernährungsflüssigkeit erzeugt wird. Diejenigen Gebilde dagegen, die von keinen Blutgefäßen durchzogen werden, wie die Oberhaut, die Nägel und die Haare können ihre Temperatur nur auf dem Wege der Mittheilung erhalten (§. 1177.). Da sie schlechte Wärmeleiter darstellen, so werden sie das Empfangene hartnäckiger zurückbehalten (§. 203.). Ursprungsstellen der Eigenwärme.

§. 1186. Man weiß für jetzt noch nicht, weshalb die eine Gruppe der Wirbelthiere eine größere Eigenwärme, als die andere besitzt. Ein im Ganzen ähnlicher, gröberer Bau der Organe kehrt in beiden Abtheilungen wieder. Es kann sich daher der raschere Stoffumsatz der warmblütigen Wesen nur für die feineren Verhältnisse geltend machen. Die Muskeln und die Nerven der kaltblütigen Geschöpfe bewahren im Allgemeinen ihre Lebenseigenschaften mit größerer Zähigkeit. Der Einfluß niederer Temperaturgrade schadet ihnen weniger, als den gleichen Theilen der höheren Wirbelthiere. Wir haben daher hier beständigere und minder empfindliche Träger der wesentlichsten Lebensthätigkeiten. Der raschere Stoffumsatz der warmblütigen Wesen liefert zartere Massen und die zu deren Thätigkeit nöthigen höheren Wärmegrade zu gleicher Zeit. Diese begünstigen überdies den Durchgang der Flüssigkeiten durch die feinen Röhren der Körperorgane (§. 110.), die Erhaltung der regelrechten Mischung des Blutes und anderer Säfte (§. 1104.), und viele chemische Umsatzerscheinungen, die einen wesentlichen Einfluß auf die Möglichkeit der Einsaugung und der Ausscheidung ausüben. Wir haben mit einem Worte arbeitsamere Vorrichtungen, deren raschere Thätigkeit zartere und vollkommnere Wirkungen, vorzüglich des Nervensystemes, wahrscheinlicher Weise möglich macht. Nutzen der Eigenwärme.

Bewegungserscheinungen.

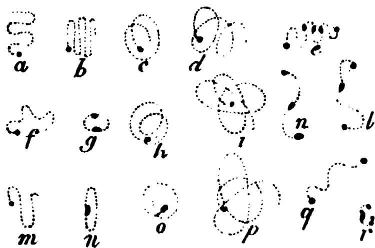
Verschiedenheit der Bewegungserscheinungen der Thiere.

§. 1187. Manche der verschiedenartigen Ortsveränderungen, die das freie oder das bewaffnete Auge an den thierischen Theilen bemerkt, kehren in der übrigen Natur in ähnlicher Weise wieder. Die schon früher (§. 129.) betrachteten Diffussionsströme und die sogenannte Brown'sche Molecularbewegung gehören vor Allem hierher. Andere fehlen zwar den Mineralien und den völlig abgestorbenen organischen Wesen, so daß sie den Ausdruck gewisser Lebensthätigkeiten bilden. Sie können aber in gleicher oder wenigstens in verwandter Art in den Pflanzen, wie in den Thieren, mithin in beiden organischen Reichen auftreten. Die Flimmerbewegung, die Regungen der beweglichen Elemente des Samens und die Gestaltveränderungen mancher einfachen verkürzbaren Massen werden in den Gewächsen, wiewohl seltener, ebenfalls angetroffen. Diejenigen Bewegungen endlich, welche der Herrschaft des Nervensystems gehorchen müssen oder könnnen, kommen dem Menschen und den Thieren ausschließlich zu. Sie liefern eines der Hauptmerkmale, durch welche sich diese höchsten Glieder der Schöpfung vorzugsweise auszeichnen.

Bewegungsarten der Brown'schen Molecüle.

§. 1188. Brown'sche Molecularbewegung. Wenn wir die mit Wasser vermischten Pigmentmolecüle (Taf. II. Fig. XXVIII.) unter einer 350- bis 550fachen Linearvergrößerung betrachten, so sehen wir, daß sich fast jedes von ihnen fortwährend bewegt. Manche, *a*, *b*, *g*, *m*, *n*, Fig. 211, schwingen hin und her, wie es die punktirten Linien andeuten. Andere, *c*, *h*, *i*, *o*, *p*, beschreiben verschiedenartige Bogenlinien, mittelst deren sie so ziemlich an ihren früheren Ort zurückkehren. Noch andere, *e*, *f*, *l*, *q*, können eine gewisse Strecke weit schwankend oder kreisend fortschreiten. Viele wälzen sich nur um ihre Achse, wie es die verschiedenen Formen der in Fig. 211 eingezeichneten Molecüle andeuten, sei es, daß sie dabei größere Raumstrecken durchlaufen (*e*, *k*, *l*, *q*) oder nicht (*g*, *r*). Ein und dasselbe Pigmentkügelchen kann übrigens eine andere Bewegung in einem zweiten, als in dem ersten Augenblicke darbieten. Enthält die Flüssigkeit eine größere Menge von ihnen, so erinnert das Ganze an die in einem Sonnenstrahle sichtbaren Bewegungen der Staubatome der Luft oder an die beständige Unruhe der

Fig. 211.



zahlreichen kleinsten Infusionsthierchen, z. B. der Bacterien oder Vibrionen, die in einer faulenden Mischung vorkommen.

§. 1189. Die kleinsten Bruchstücke der meisten anderen Körper, sie mögen aus dem Mineralreiche oder aus der organischen Welt stammen, pflegen ähnliche Erscheinungen, sobald sie in einer passenden, nicht zu zähen Flüssigkeit mechanisch vertheilt sind, darzubieten. Der tropfbare Zelleninhalt liefert bisweilen schon von vorn herein die nöthigen Nebenbedingungen. Ist dieses nicht der Fall, so kann die endosmotische Aufnahme von Wasser (§. 129.) die Anregung herbeiführen. Man findet daher nicht selten, daß die kleinsten Inhaltskörper einzelner pflanzlicher oder thierischer Gebilde die lebhafteste Molecularbewegung die längste Zeit hindurch fortsetzen. Vorkommen der Molecularbewegung.

§. 1190. Die Krystalle des Gehörsandes oder der Gehörsteine des Menschen und der höheren Wirbelthiere (Taf. I. Fig. IV.) können unmittelbar zeigen, welchen Einfluß die Größe auf diese Ortsveränderungen ausübt. Die umfangreicheren liegen ruhig, während die kleinsten fortwährend schwingen. Hat man eine Reihe verschiedener Körper mit Wasser vermischt, so findet man, daß die fettigen oder harzigen zu denen, welche die lebhaftesten Bewegungen zeigen, zu gehören pflegen. Pigmentmolecüle oder das feine Pulver des Stinkasandes eignen sich daher zu diesen Untersuchungen in hohem Grade. Einfluß der Größe und der Beschaffenheit der Körperchen.

§. 1191. Wir haben §. 1188 gesehen, daß die Brown'sche Molecularbewegung nur unter starken Vergrößerungen erkannt zu werden vermag. Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß die Bewegung eine sehr geringe Geschwindigkeit besitzen muß (§. 653.). Ungefähre Zeit- und Raumbestimmungen lehrten in der That, daß ein Pigmentmolecül nur mit einer Secundenschnelligkeit von $^1/_{250}$ Mm. fortschreitet. Geschwindigkeit der Molecularbewegung.

§. 1192. Da die Molecularbewegung in einer scheinbar ruhigen Flüssigkeit ununterbrochen fortdauert und je zwei benachbarte Theilchen auf das Verschiedenartigste zu schwanken pflegen, so folgt hieraus, daß die Erscheinung von keinen stärkeren einseitigen Strömungen herrührt. Man hat aber das Ganze aus den leiseren Strömen, welche die Verdunstung begleiten, zu erklären versucht. Dieser Umstand kann vielleicht die Unruhe in Einzelfällen verstärken. Es läßt sich aber unmittelbar darthun, daß er nicht die Hauptursache bildet. Hat man eine Mischung von Wasser und schwarzem Pigment in ein dünnes Glasröhrchen eingeführt und dieses an beiden Enden zugeschmolzen, so kann sich die Verdunstung nach einiger Zeit nur insofern, als die Wärme wechselt (§. 191.), geltend machen. Die Molecularbewegung erhält sich dessenungeachtet Stunden lang mit sichtlicher Lebhaftigkeit. Oel und andere Flüssigkeiten, die nicht verdunsten, heben die Unruhe nicht auf. Ursache der Molecularbewegung.

§. 1193. Zwei andere Umstände werden sich eher geltend machen. Wir glauben häufig genug, daß Alles ruhig ist, daß keine mechanische Erschütterung die Beobachtung stört. Eine genauere Betrachtung führt aber zu einer anderen Ueberzeugung. Die Wände eines jeden Gebäudes

schwingen fast fortwährend, weil sich die Einflüsse der verschiedenartigen Bewegungen des Fahrens, des Gehens, des Hämmerns, des Wellenschlages lebhaft strömender Wassermassen u. dgl. durch die festen Nachbartheile leicht fortpflanzen. Der Herzschlag und die Athmung, welche die Körpermasse des Beobachters sichtlich verrücken (§. 641.), müssen schon die vollkommene Ruhe unmöglich machen. Die kleinen Molecüle, welche durch diese Stöße erschüttert worden, werden aber um so länger nachschwingen, je weniger sie an lebendiger Kraft durch Nebenhindernisse oder auf dem Wege der Mittheilung verlieren können (§. 66.).

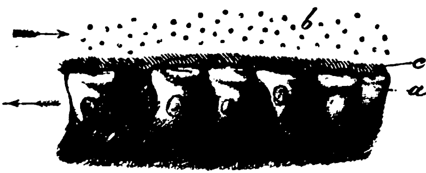
Ein zweiter Grund liegt in den Wärmeverhältnissen. Befindet sich das §. 1192 erwähnte verschlossene Röhrchen auf dem Objecttische des Mikroskopes (*e*, Fig. 37, S. 61), so sind einzelne Flüssigkeitsschichten dem gut leitenden Messing näher, als andere. Die umgebende Atmosphäre, die fortwährend hin- und herströmt, die strahlende Wärme der Körpermasse des Beobachters (§. 210.), müssen es noch unterstützen, daß manche Flüssigkeitstheilchen eher, als andere erwärmt werden. Diese suchen dann emporzusteigen, während die kälteren Massen herabgehen. Wir erhalten auf diese Weise eine Reihe von leisen Wechselströmen, welche die kleinsten Molecüle in den verschiedensten Bahnen fortreißen können.

§. 1194. Es ist keine Frage, daß die unmittelbaren mechanischen Erschütterungen und die mittelbaren thermischen Bewegungen einen wesentlichen Einfluß auf die uns hier beschäftigenden Erscheinungen ausüben. Wenn die Erfolge mit der Natur der Körperchen und der Flüssigkeit abweichen, so können die gegenseitigen physikalischen Beziehungen die Größe der ursprünglichen Verrückung und die Dauer des Nachschwingens bestimmen helfen. Die Frage hingegen, ob jene Anregungsmittel allein oder noch gewisse Anziehungsverhältnisse außerdem der Molecularbewegung zum Grunde liegen, kann für jetzt nicht entschieden werden. Die Kräfte, aus denen sie hervorgeht, werden von den gewöhnlichen Adhäsionserscheinungen (§. 112.) jedenfalls leicht überwunden. Pigmentmolecüle, die der Glaswand, wenn auch nur mit einem Theile ihrer Oberfläche anhaften, bieten keine Schwingungen dar. Kampherstückchen, die man auf Wasser wirft, bewegen sich zwar sehr lebhaft, bis sie gänzlich oder größtentheils zerstört sind. Fein zerriebenes Kochsalz, das in einer gesättigten Kochsalzlösung mechanisch vertheilt ist, kann aber auch noch die anhaltendsten Schwingungen unter dem Mikroskope darbieten.

Flimmerband. §. 1195. Flimmerbewegung. Wenn wir ein Stückchen der Gaumenschleimhaut eines frisch getödteten Frosches so zusammenlegen, daß der Rand der früheren freien Oberfläche entspricht, und diesen unter einer 150- bis 255fachen oder selbst unter einer noch etwas schwächeren Linearvergrößerung betrachten, so erhalten wir eine Anschauung, wie sie Fig. 212 in umfangreicherem Maaßstabe zu versinnlichen sucht. Die Flimmercylinder *a*, Fig. 212 (Taf. II. Fig. XXXVI.), stehen pallisaden-

artig senkrecht oder schief neben einander. Ihre Härchen *c* arbeiten so lebhaft, daß man sie einzeln noch nicht erkennt oder nur manche von ihnen für einen Augenblick bemerkt. Man sieht daher, daß sich ein lebhaft wirbelnder Saum längs des Faltungsrandes hinzieht. Körperchen *b*, die in der angrenzenden Flüssigkeit mechanisch vertheilt sind, strömen daher mit scheinbar großer Lebhaftigkeit in einseitigen oder mannigfachen Richtungen dahin.

Fig. 212.



§. 1196. Die Flimmerbewegung kehrt in vielen Theilen anderer Geschöpfe wieder. Halten wir uns zunächst an den Körper des Menschen und der Säugethiere, so finden wir sie an der Oberfläche der Hirnhöhlen und, wenn sie vorhanden sind, in den Hohlräumen des Rückenmarkes und der Geruchsnerven, vorzüglich der Embryonen, in den Thränenröhrchen (*kl*, Fig. 171, S. 288.), dem Thränensacke (*m*, Fig. 171.) und dem Thränengange (*n*, Fig. 171.), in der Eustachischen Trompete (*f*, Fig. 78, S. 132), auf der Nasenschleimhaut (*a*, Fig. 78), mit Ausnahme des untersten Abschnittes derselben, in den Nebenhöhlen der Nase, wie in der Keilbeinshöhle, der Stirnhöhle und der Oberkiefer- oder der Highmorshöhle jeder Seitenhälfte des Kopfes, in dem untersten Theile des Kehlkopfes (*i*, Fig. 78), der Luftröhre (*k*) und den die Lungen durchsetzenden Luftröhrenverzweigungen, in der Gebärmutter und den Eileitern oder den Fallopischen Röhren der erwachsenen Frau, endlich an der Oberfläche sehr junger Eier und vermuthlich auch in den Kapseln, welche die Malpighi'schen Körper der Nieren umgeben (§. 936.). Manche andere Gebilde, wie die Innenflächen des Trommelfelles und des Herzbeutels, das Bauchfell, die Schleimhäute der Mundhöhle und der Speiseröhre, die bleibenden oder vergänglichen Kiemen (§. 725.), gewisse Abschnitte der Kloake können noch Flimmerbewegung in den verschiedenen Reptilien darbieten. Vorkommen der Flimmerbewegung.

Während die Amphibien und manche wirbellose Geschöpfe, wie die Schnecken und die Muscheln, zahlreiche Flimmerhäute besitzen, fehlen diese in dem Körper der ausgebildeten Insekten oder Spinnen gänzlich. Die Kiemen der niedersten Reptilien, der sogenannten Sirenen oder Ichthyoden, sind mit Wimpern bekleidet, während die der Fische mit der einzigen Ausnahme des Amphioxus glatt erscheinen. Wir sehen hieraus, daß nicht die allgemeine Einrichtung der Organe, sondern nur die Einzelverhältnisse über die Anwesenheit oder den Mangel der Flimmerbewegung zuletzt entscheiden.

§. 1197. Die niedersten Wesen, die Infusionsthiere, besitzen häufig haar- oder stachelförmige Fortsätze, die fortwährend oder zu gewissen Zeiten wirbeln, nicht selten aber von dem Geschöpfe selbst willkührlich Wimpern der Infusionsthierchen.

beherrscht werden. Da nun die Flimmerbewegung der höheren Wesen den Einflüssen des Nervensystemes nicht gehorcht, so glaubte man hierin einen wesentlichen Unterschied zwischen beiden Arten von Gebilden gefunden zu haben. Die Betrachtung der einfachen verkürzbaren Massen wird jedoch lehren, daß die Abweichung geringer, als es auf den ersten Blick scheint, in Wahrheit ausfällt.

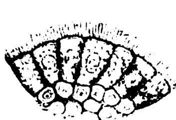
Unabhängigkeit der Flimmerbewegung.

§. 1198. Da die Härchen einer losgeschnittenen Flimmerhaut lebhaft fortschwingen (§. 1195.), so ergiebt sich von selbst, daß diese Erscheinung die Fortdauer der Blutbewegung und des von dem Gehirn, dem Rückenmarke oder den Ganglien ausgehenden Nerveneinflusses nicht bedarf. Schabt man die Oberfläche einer Flimmermembran, z. B. der Mundschleimhaut des Frosches los, so enthält die Masse einzelne Flimmerzellen *a* und *b*, Fig. 213, und regelmäßige Haufen derselben, wie es Fig. 214 darstellt. Die Härchen beider können ihre Schwingungen lange Zeit fortsetzen. Sie brauchen daher nur ihre unversehrte Anheftungsweise bewahrt zu haben, um ihre Thätigkeit beizubehalten.

Fig 213.



Fig. 214.



Träger der Flimmerhaare.

§. 1199. Die meisten Flimmerhaare stehen auf Flimmercylindern (Taf. II. Fig. XXXVI.). Es kommt jedoch auch bisweilen, z. B. in den Adergeflechten des Gehirnes, an der Oberfläche sehr junger Eier oder Embryonen vor, daß sie aus rundlichen Zellen hervorgehen. Es kann sich sogar ereignen, daß Flimmerhaare einfachen Hautgebilden unmittelbar eingepflanzt sind.

Bewegungsweise der Flimmerhaare.

§. 1200. Die verschiedenen Flimmerhaare der mannigfachen Thiere bieten nicht immer die gleiche Bewegungsart dar. Man findet am Häufigsten, daß sie sich entweder wie ein Finger beugen und strecken (Fig. 215), oder einen Kreis *a b*, Fig. 216, mit ihrer Spitze *d* und mehr oder minder einen Kegel *a b c* im Ganzen beschreiben. Die neben einander stehenden Härchen arbeiten meistentheils gleichartig. Die Art der Gesammtbewegung und die Strömungen, die in der benachbarten Flüssigkeit entstehen, hängen von der Stellung, der Natur und der Reihenfolge der Thätigkeit der einzelnen Haare ab.

Fig. 215.



Fig. 216.

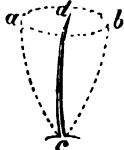
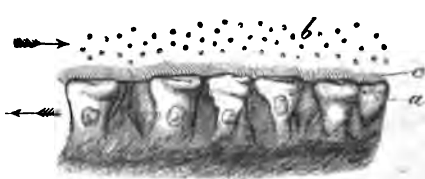


Fig. 217.



Flimmerströme.

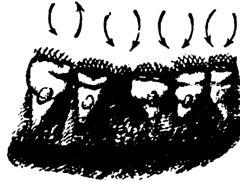
§. 1201. Hat man einen ebenen Flimmerrand *c*, Fig. 217, vor sich, so geht auch in der Regel der Hauptstrom geradlinigt, wie der zu *b* gehörende Pfeil dahin. Die Oberfläche vieler Schleimhäute besitzt aber

kleine Hügel oder Wärzchen, zwischen denen sich thalartige Furchen hinziehen. Fig. 218 zeigt eine solche Erhebung unter starker Vergrößerung. Man bemerkt dann häufig eine entsprechende Bogenrichtung der Ströme *acbdefg*, Fig. 218. Die gemeinschaftlichen Wirkungen der benachbarten,

Fig. 218.



Fig. 219.



ten, theils höher, theils tiefer stehenden Flimmerhaare führen nicht selten zu Strudelbewegungen, wie es die in Fig. 219 gezeichneten Pfeile andeuten. Manche der Körperchen der Umgebungsflüssigkeit werden daher zuerst in gekrümmten Bahnen nach dem Flimmerrande hingetrieben und sogleich oder nach einiger Zeit in entgegengesetzter Richtung fortgestoßen.

§. 1202. Sind die Flimmercylinder *a*, Fig. 217, auf einer unbeweglichen Grundlage befestigt, so können natürlich die Härchen *c* nur die benachbarte Flüssigkeit und die in ihr enthaltenen Körperchen *b* weiter treiben. Haben wir hingegen ein kleineres Stück einer Flimmerhaut losgeschnitten, so ereignet es sich nicht selten, daß es selbst und zwar in einer der Hauptströmung der umgebenden Flüssigkeit entgegengesetzten Richtung fortrückt, wie es die in Fig. 217 gezeichneten Pfeile versinnlichen. Diese Erscheinung bildet ein Gegenstück zu der bekannten Thatsache, daß ein Schiff vorwärts geht, wenn die Ruder das Wasser nach hinten schlagen. Was wir hier künstlich hervorrufen, kehrt in der Natur ebenfalls wieder, so wie ein sehr leichter Körper eine große Menge lebhaft wirbelnder Flimmerhaare trägt. Kleine Eier oder Embryonen und viele ausgebildete niedere Wesen drehen sich auf diese Art anhaltend oder verfolgen andere der Thätigkeit ihrer Flimmerhaare entsprechende Bewegungsrichtungen. Drehungen freier Körper durch die Flimmerbewegung.

§. 1203. Der Hauptstrom vieler Flimmerhäute geht in bestimmten Bahnen dahin. Die Molecüle der Tinte, des Sepienpulvers oder des schwarzen Pigmentes werden z. B. an der Nasenschleimhaut des Kaninchens, den Nasenlöchern und der Oberkieferhöhle desselben nach dem Uebergang in die Nasenhöhle, in dem Kehlkopfe und der Luftröhre dagegen nach den Lungen hingetrieben. Die Luftröhrenschleimhaut eines jungen Hundes bot jedoch auch den entgegengesetzten Weg in Sharpey's Versuchen dar. Die Härchen der Eileiterschleimhaut führen die Körperchen nach der Gebärmutter zu. Wir haben also hier eine Bewegung, die von innen nach außen verläuft. Man kann übrigens an den Kiemen der Muscheln bisweilen sehen, daß Flimmerhaare, die z. B. einen rechts gehenden Strom eine Zeit lang unterhalten haben, plötzlich Richtung des Hauptstromes.

umwenden, und eine nach links gerichtete Strömung herbeiführen. Dieses Wechselspiel wiederholt sich bisweilen eine Reihe von Malen. Joh. Müller bemerkte an den Ascidien-Kiemen, daß die Thätigkeit der Flimmerhärchen aufhörte und nach einer gewissen Ruhepause von Neuem begann.

Geschwindigkeit der Flimmerströmung.

§. 1204. Man kann die Geschwindigkeit der Flimmerströmung nur schätzungsweise bestimmen, weil die Dichtigkeit der angrenzenden Flüssigkeit, die Schwere und die Bewegungsart der in ihr enthaltenen Körperchen, endlich die Lebhaftigkeit der Schwingungen der Härchen die Ergebnisse wesentlich ändern. Legt man die Mundschleimhaut des Frosches zum Grunde, so ergiebt sich, daß Blutkörperchen, Lymphkörperchen und Pigmentmolecüle mit einer mittleren Schnelligkeit von nahebei 1/8 Mm. in einer Secunde fortgetrieben werden. Sie gehen mithin langsamer, als die Blutkörperchen in den Haargefäßen der Schwimmhaut des Frosches (§. 712.), rascher dagegen als die in Molecülarbewegung verfallenen Körperchen (§. 1191.) dahin. Da diese Beobachtungen mäßige oder starke Vergrößerungen fodern, so wird wiederum die Geschwindigkeit der Bewegung beträchtlicher, als sie wahrhaft ist, erscheinen müssen (§. 653.). Krause fand, daß jedes Härchen 190 bis 320 Schwingungen in der Minute macht. Die Muschelkiemen, die Mundhaut und die Lungen des Frosches lieferten mir 77 bis 152. Perty giebt 240 bis 300 für die schon verlangsamte Bewegung der Härchen der äußeren Oberfläche eines Süßwasserpolypen, der Alcyonella an.

Wirkung äußerer Einflüsse auf die Flimmerbewegung.

§. 1205. Die Luftverdünnung hebt die Flimmerbewegung nicht auf. Die höhere Wärme und nicht selten auch eine zu starke Kälte unterdrücken sie dagegen in kurzer Zeit. Man kann jedoch eine Flimmerhaut einen Augenblick in Wasser von 81° C. tauchen, ohne daß die Schwingungen der Haare still stehen. Die Flimmerhäute der warmblütigen Geschöpfe sind für niedere Temperaturgrade empfindlicher, als die der kaltblütigen.

§. 1206. Der Schlag einer Leidener Batterie stört nicht die Flimmerthätigkeit der Muschelkiemen. Legt man ein größeres Stück einer Flimmerhaut zwischen die beiden Poldräthe eines Magnetelektromotors (§. 248.), so kann man viele hundert Schläge durchgehen lassen, ohne daß die Strömung der meisten Punkte irgendwie verändert wird. Nur die Stellen, an denen die elektrolytische Wirkung eingreift, an welchen sich saure oder alkalische Verbindungen abscheiden, leiden dieser neu erzeugten Aetzstoffe wegen. Bringt man einige Flimmercylinder zwischen die beiden, wechselseitig nur ungefähr 1 Mm. abstehenden Poldräthe des Magnetelektromotors, so können die Härchen nach kurzer Zeit still stehen.

§. 1207. Luftfreies oder mit reichlichen Kohlensäuremengen geschwängertes Wasser hebt die Thätigkeit der Flimmerwimpern nicht auf. Eine Flüssigkeit dagegen, die viel Schwefelwasserstoffgas verschluckt hat, kann ihre schädlichen Einflüsse geltend machen.

§. 1208. Die nachtheilige Wirkung, welche viele lösliche Körper ausüben, tritt erst bei einem gewissen Dichtigkeitsgrade hervor. Der gewöhnliche sogenannte kaustische Salmiakgeist vernichtet die Flimmerströmung schon in 10,000facher, salpetersaures Silberoxyd in 1000facher, Schwefeläther in 100facher und Kochsalz nur in 10facher Verdünnung. Ganz reine weingeist- und schwefelsäurefreie Blausäure, Lösungen von essigsaurem Morphin oder Strychnin hemmen die Flimmerbewegung nicht. Das Blut erhält sie länger, als reines Wasser. Die so leicht zersetzbare Galle (§. 467.) wirkt immer schädlicher, als der Speichel und der noch nicht in Fäulniß übergegangene Harn.

§. 1209. Man kann im Frosche häufig bemerken, daß die Flimmerströmung, vorzüglich der abgeschabten Cylinder (§. 1198.) unter dem Einflusse des kalten Wassers binnen Kurzem still steht. Es kommt hierbei hin und wieder vor, daß sich die Form der Flimmerzelle in Folge der Wassereinsaugung sichtlich verändert, daß sie sich mit einem hellen Ringe *a*, Fig. 220, umgiebt. Die Schwingungen der Härchen dauern dessenungeachtet häufig noch fort.

Fig. 220.



Verlust und Wiederersatz der Flimmerepithelien.

§. 1210. Wir haben schon §. 1018 gesehen, daß jüngere Ersatzzellen unter den Flimmercylindern hin und wieder angetroffen werden. Einzelne Schleimhäute stoßen ihre Flimmerzellen in gewissen wiederkehrenden Zeitabschnitten los. Wir werden in der Zeugungslehre finden, daß die Gebärmutterschleimhaut ihren Flimmerüberzug mit jeder Menstruation und jeder vollständigen Schwangerschaft verliert. Er erzeugt sich dann später wieder. Manche krankhafte Verhältnisse führen aber auch zu einer ähnlichen Abschilferung an anderen Körperstellen. Wenn ein Mensch einen heftigen Schnupfen bekommt, so enthält im Anfange sein Nasenschleim eine Menge von Flimmercylindern. Ihre Gestalt ändert sich häufig, wie es Fig. 221 versinnlicht. Die gestörte Schleimbereitung und die in reichlicher Menge hervorquellende salzreiche Flüssigkeit (§. 880.) wirken hier wie das endosmotisch eindringende Wasser in der §. 1209 erwähnten Beobachtung. Die Flimmerhaare können dabei ebenfalls eine Zeit lang fortschwingen.

Fig. 221.



Dauer der Flimmerbewegung nach dem Tode.

§. 1211. Die Flimmerbewegung erhält sich nicht selten im Leichname mit großer Hartnäckigkeit. Die der Nasen- und der Luftröhrenschleimhaut des Kaninchens dauerte in einzelnen Beispielen 5 bis 6, die der Mundschleimhaut des Frosches 8 bis 9 und die der Speiseröhre einer Schildkröte 15 Tage nach dem Tode des Thieres fort. Die Selbstzersetzung hatte indeß so sehr durchgegriffen, daß das Ganze übel roch, zum Theil

schleimig zerfloß und eine große Menge von Infusionsthierchen enthielt. Schneidet man die Luftröhre eines Menschen einige Stunden nach dem Tode aus und läßt sie im Blutserum (§. 1001.) in nicht zu niederer Temperatur liegen, so kann man meist noch die Flimmerbewegung 1 bis 2 Tage später erkennen. Man sieht übrigens in günstigen Fällen, daß die Flimmerhaare früher still stehen, als sie in Folge der Fäulniß abfallen oder aufgelöst werden.

Vorkommen von Flimmerbewegung im Pflanzenreiche.

§. 1212. Obgleich die Flimmerbewegung im Thierreiche vorzugsweise verbreitet ist, so findet sie sich doch auch in einzelnen Fällen in Pflanzen und zwar in den niederen Kryptogamen. Die Samenkörner oder Sporen der Süßwasseralgen oder der Conferven und der Seetange oder der Fuci, schwirren häufig im Wasser, wenn sie aus ihrer Mutterpflanze ausgetreten sind, auf das Lebhafteste umher. Hat dieses eine Zeit lang gedauert, so sinken sie zu Boden, um ihren Keimungsproceß zu verfolgen.

§. 1213. Dreierlei Einrichtungen können diesen Bewegungen zum Grunde liegen. Manche Gebilde haben nur zwei, vier oder überhaupt nur wenige Flimmerhaare. Diese sind bisweilen so fein, daß man sie erst, nach dem Gebrauche von Weingeist oder von Jodtinctur deutlich erkennt.

Fig. 222.

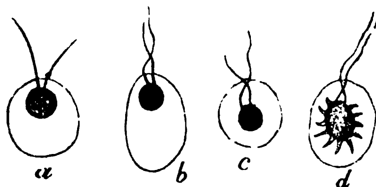
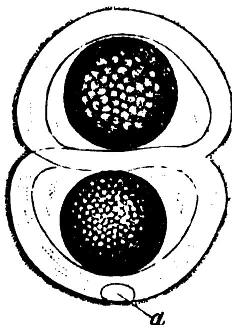


Fig. 222 zeigt z. B. dieses aus einer kleinen Alge (Haematoccus pluvialis), die bisweilen in solcher Menge vorkommt, daß sie ganze Gewässer scheinbar roth färbt. *a* ist nach der Einwirkung des Weingeistes, *b*, *c* und *d* dagegen nach der der Jodtinctur entworfen. Fig. 223 liefert ein Beispiel des zweiten Falles, in dem ein fortlaufender Ueberzug von Härchen die ganze Spore (von Ectosperma s. Vancheria clavata) umgiebt. Sie sind so zart, daß man sie erst, wenn man sie mit Opiumtinctur zum Stillstand gebracht hat, mit völliger Deutlichkeit wahrnimmt.

Fig. 223



Fig. 224.



Es kann sich endlich nach Decaisne und Thuret ereignen, daß nicht die einzelne Spore, sondern die gemeinschaftliche Hülle mehrerer oder das Episporium die Härchen trägt. Fig. 224 stellt ein Beispiel der Art (aus Pelvetia canaliculata) nach jenen Forschern dar.

Nutzen der Flimmerbewegung.

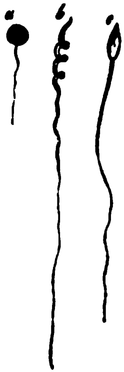
§. 1214. Wir haben schon §. 1201 gesehen, daß die Flimmerthätigkeit leichte und nicht sehr große Körper drehen und fortbewegen kann. Sie ist auf gleiche Weise im Stande, Schleim und andere Flüssigkeiten

weiter zu treiben. Besitzen die Kiemen oder die Haut eines Wasserthieres ein Flimmerepithelium, so werden hierdurch immer neue Wassermengen, welche die athembare Luft enthalten (§. 725.), vorübergeführt. Man hat daher auf diese Weise ein Unterstützungsmittel der Athmungsthätigkeit. Alle diese Erscheinungen reichen aber nicht hin, von der Gesammtverbreitung der Flimmerepithelien und den ihr zum Grunde liegenden Absichten Rechenschaft zu geben. Die Unruhe, welche sie erzeugen, führt wahrscheinlich noch zu gewissen, vorläufig unbekannten Molecularwirkungen. Diese bestimmen vermuthlich auch die so eigenthümliche Verbreitungsweise der Flimmerepithelien.

§. 1215. Regungen der beweglichen Samenelemente. — Der reife Samen der Menschen und der Thiere enthält meistentheils gewisse Bestandtheile, die sich auf das Mannigfachste von selbst oder nach der Einwirkung des Wassers bewegen können. Da man sie früher für thierische, den Infusorien oder den Eingeweidewürmern verwandte Geschöpfe hielt, so nannte man sie Samenthierchen oder Spermatozoen. Die in neuerer Zeit immer allgemeiner durchgreifende Ueberzeugung, daß sie nur zu den Gewebtheilen gehören und keine selbstständigen Wesen bilden, bewog manche Forscher, neue entsprechende Bezeichnungen vorzuschlagen. Die Ausdrücke: Spermatozoiden, Samenfaden, Samenflimmer und bewegliche Samenkörper, rühren von diesem Bemühen her. Bewegungen der Samenelemente.

§. 1216. Halten wir uns an die Gebilde des Menschen und der Wirbelthiere, so begegnen wir vor Allem drei Hauptformen, welche Fig. 225 nach einer 255fachen Linearvergrößerung wiedergiebt. *a* findet sich in vielen Knochenfischen, *b* in einzelnen Knorpelfischen und Vögeln und *c* in den Säugethieren und den Menschen (Taf. V. Fig. LXXVIII.). Der vordere dickere Theil heißt der Kopf oder der Körper, der hintere feine dagegen der Schwanz oder der Schwanzfaden. Form der Spermatozoiden.

Fig. 225.



§. 1217. Die Elemente des völlig reifen Samens bewegen sich zwar schon in der unverdünnten Samenflüssigkeit. Ein Zusatz von Wasser, von Blutserum, oder einer anderen passenden verdünnten Lösung verstärkt aber die Regsamkeit nach und nach. Hat man jüngere Samenmassen vor sich, so sieht man oft erst die Schwingungen, nachdem jene Flüssigkeiten beigemischt worden. Manche Formen, wie die Samenfaden des Flußkrebses, haben bis jetzt keine Spur von Regungen zu irgend einer Entwickelungszeit dargeboten. Begünstigung der Bewegung durch fremdartige Zusätze.

§. 1218. Sind der Körper und der Schwanzfaden schärfer gesondert (*a* und *c*, Fig. 225) so findet man, daß der Letztere allein die sichtlichsten Ortsveränderungen einleitet und jenen ersteren fortzustoßen scheint. Hat das Ganze eine fadenförmige Gestalt (*b* Fig. 225), so tritt das Gleiche Art und Schnelligkeit der Bewegung.

nur dann hervor, wenn der Vordertheil beträchtlich dicker ist. Die Schwingungen scheinen daher den dünnen und langen Abschnitten vor Allem möglich zu sein.

1219. Der Schwanzfaden der Samenkörper des Menschen und der Säugethiere (c, Fig. 225.) kann pendelartig hin und her gehen, auf und nieder schnellen, sich in einem Bogen oder in Schlangenlinien krümmen oder wechselseitige Combinationen dieser Grundbewegungen darbieten. Das ganze Gebilde schwankt dabei in den verschiedensten Richtungen. Es wird entweder in einer längeren Bahnstrecke vorwärts getrieben oder hält sich eine Zeitlang in einem gegebenen Raumbezirke, den es unter den mannigfachsten Wendungen durchsetzt. Drehungen um die Längenachse des Körpers gesellen sich nicht selten hinzu. Die in *b*, Fig. 225, gezeichneten Gestalten dringen oft auf dieselbe Art, wie ein in einen Kork eingetriebener Pfropfenzieher weiter vor. Das Kopfende schreitet dabei in allen Fällen dem Schwanze voran. Die durchschnittliche Secundengeschwindigkeit beträgt ungefähr $1/_{25}$ Mm. Sie steht also der der Flimmerbewegung (§. 1204.) merklich nach.

Wirkung äußerer Einflüsse auf die Regungen der Samenkörper.

§. 1220. Die Kälte scheint den Regungen der Samenfaden der warmblütigen Geschöpfe mehr, als denen der kaltblütigen zu schaden. Stärkere Hitze vernichtet die Beweglichkeit. Die noch so oft wiederholten Schläge des Magnetelektromotors (§. 248.) dagegen stören sie keineswegs. Säuren und Alkalien, Weingeist, Aether und manche Salze heben die Beweglichkeit bald auf. Viele Schleim- und Harnarten üben diese Wirkung nicht aus. Lösungen betäubender Gifte, die keine chemischen Nebeneinflüsse besitzen, scheinen die Lebendigkeit der Samenelemente nicht zu stören.

Dauer der Beweglichkeit der Samenkörper.

§. 1221. Die Regsamkeit dieser Gebilde kann sich ungefähr eben so lange, als die Flimmerbewegung (§. 1211.) erhalten. Man hat die Samenfaden des Menschen 84 Stunden und die der Frösche 5 bis 6 Tage nach dem Tode schwingen sehen. Bleibt der Same im Hoden, so befindet er sich in dieser Hinsicht unter weit günstigeren Verhältnissen, als wenn man ihn in einer anderen Flüssigkeit aufbewahrt. Der in die weiblichen Geschlechtswerkzeuge einzelner Insecten eingeführte Same bewahrt hier die Beweglichkeit seiner Samenelemente Monate lang.

Samenfaden der Pflanzen.

§. 1222. Wie die Flimmerbewegung in einzelnen Fällen im Pflanzenreiche vorkommt (§. 1212.), so kehrt das Gleiche für die uns hier beschäftigenden Gebilde ebenfalls wieder. Was man Samenthierchen der Phanerogamen genannt hat, sind nur Körperchen der Fovilla des Blumenstaubes oder Pollens, die Brown'sche Molecularbewegung (§. 1188.) darbieten. Man findet aber Elementartheile, welche in der That hierher gehören, in den Antheridien oder den ihnen ähnlichen Werkzeugen der Farrenkräuter, der Moose und der Algen. Prüft man z. B. einen feinen Schnitt aus der reiferen Antheridie eines Laubmooses unter einer 255fachen Vergrößerung, so sieht man, daß jede Zelle

a, Fig. 226, einen eingerollten Samenfaden *b* beherbergt. Die Befeuchtung mit Wasser führt zu den Zitterbewegungen desselben. Tritt er aus der Zelle hervor, so geht wiederum der Kopfabschnitt *b* voran. Manche dieser beweglichen Gebilde, wie z. B. die der Tange und einzelner Laubmoose, besitzen zwei Fäden, wie es Fig. 227 andeutet.

Fig. 226.

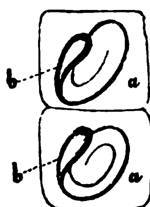


Fig. 227.



§. 1223. Hält man sich nur an die äußere Form und die Bewegungsfähigkeit, so findet man, daß die Samenfäden dem Samen nicht ausschließlich zukommen. Die Haut mancher Polypen und Quallen, deren Berührung Schmerzen erregt, die, wie man sich ausdrückt, zu nesseln pflegen, trägt ähnliche, in Kapseln eingeschlossene Gebilde, deren Schwanztheil sich im Freien schlangenförmig zu krümmen pflegt. Aehnliche bewegliche Elemente anderer Theile.

§. 1224. Einfache verkürzbare Masse. — Der Körper vieler Infusionsthierchen, Polypen oder Eingeweidewürmer und der jungen Embryonen der meisten, wo nicht aller höheren Geschöpfe, enthält eine einfache gallertige Substanz, der ein gewisser Grad von Verkürzungsvermögen zukommt und die man auch mit dem Namen der Sarcode in jenen niederen Geschöpfen zu bezeichnen pflegt. Eine Nebenerscheinung begleitet hier häufig die Thätigkeit derselben in den Infusorien und Polypen. Es erzeugen sich nämlich mit Flüssigkeit gefüllte Hohlräume oder Vacuolen (*a* Fig. 228 aus Loxophyllum meleagris Duj.). Zieht sich Sarcode.

Fig. 228.

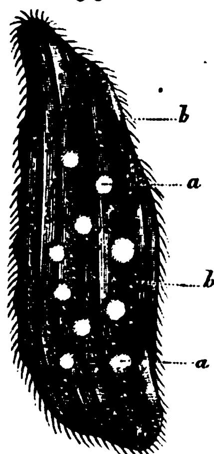


Fig. 229.



die Masse zusammen, so sieht man, daß diese Gebilde an den früheren Stellen verschwinden und an anderen zum Vorschein kommen. Ein Theil der Durchtränkungsflüssigkeit wird vermuthlich hierbei zu gewissen Zeiten hervorgepreßt und zu anderen von der übrigen Substanz aufgenommen. Die einfache contractile Masse der Embryonen der Wirbelthiere hat diese Erscheinung bis jetzt nicht dargeboten.

§. 1225. Die auf einer gewissen Entwickelungsstufe befindlichen Zellen der Planarieneier zeigen eine eigenthümliche periodische Bewegung, wie die Beobachtungen von Siebold und Koelliker nachgewiesen haben. Gewisse Einschnürungen schreiten von dem einen Ende der Zelle nach dem anderen, wie es *a b c d*, Fig. 229, dar- Wechselnde Zusammenziehung der einfachen contractilen Masse.

stellt, allmählig fort. Dieses Wechselspiel von Zusammenziehung und Erschlaffung kann sich Stunden lang fortwährend wiederholen. Manche andere einfache verkürzbare Massen, wie die Schwanzblase einzelner Schneckenembryonen bieten ebenfalls periodische Verkürzungserscheinungen unter dem Mikroskope dar. Das Herz der jungen Embryonen der Wirbelthiere endlich klopft schon auf das Lebhafteste, wenn sich noch keine Muskelfasern, sondern nur eine gallertige Grundlage, Körnchen, Kerne und Zellen in seiner Masse nachweisen lassen.

Verkürzungsfähigkeit einzelner Bruchstücke.

§. 1226. Einzelne Bruchstücke der einfachen verkürzbaren Substanz können sich immer noch, wenigstens in vielen niederen wirbellosen Geschöpfen auf das Lebhafteste zusammenziehen. Dieses Vermögen hängt daher von der wechselseitigen Verbindung der Bestandtheile nicht ab.

Empfindlichkeit gegen Galvanismus.

§. 1227. Viele der uns hier beschäftigenden Gewebe gehen unter dem Einflusse der galvanischen Ströme leicht zu Grunde. Manche kleine Infusionsthierchen platzen rasch unter den Schlägen des Magnetelektromotors (§. 248). Man kann auch junge Froschlarven auf dieselbe Weise zum Bersten bringen. Die Hauptursache dieser Erscheinung liegt vermuthlich in den elektrolytischen Nebenwirkungen.

Verschiedenheit der contractilen Massen.

§. 1228. Man darf mit Recht vermuthen, daß die verschiedenen Gewebtheile, die man vorläufig hierher rechnet, untergeordnete Abweichungen darbieten werden. Die Sarcode der Infusionsthierchen ist wahrscheinlich etwas wesentlich anderes, als die aus Zellen zusammengesetzte Masse der jungen Froschlarven. Der Zelleninhalt und das einfache Bindemittel, welches die einzelnen Bläschen zusammenkittet, müssen in dem letzteren Falle vorzugsweise in Betracht kommen.

Zusammengesetzte und einfache Muskelfasern.

§. 1229. **Verkürzung der Muskelfasern.** — Manche niedere Geschöpfe, wie die Räderthierchen, besitzen Muskeln, die aus einfachen oder schwach gefaserten Streifen einer der Sarcode ähnlichen Masse bestehen. Die Muskeln oder das Fleisch der meisten wirbellosen und sämmtlicher Wirbelthiere dagegen bilden Aggregate eigenthümlicher Fasern, die man mit dem Namen der Muskelfasern bezeichnet. Hält man sich an die höheren Geschöpfe, so stößt man vorzüglich auf zwei Hauptformen, die quergestreiften, die zusammengesetzten oder die sogenannten animalen und die einfachen, glatten, platten, organischen oder vegetativen Muskelfasern.

Bau der quergestreiften Muskelfasern.

§. 1230. Eine jede quergestreifte Muskelfaser (Taf. IV. Fig. LIV.) besteht aus einer Menge neben einander liegender Längsfäden. Ihre Oberfläche zeigt eine Reihe von Querstreifen, die sich meistentheils mit großer Deutlichkeit zu erkennen geben und auch in Weingeistpräparaten erhalten bleiben. Sie können sogar hier schärfer, als in dem frischen Zustande hervortreten. Man vermißt sie aber in manchen seltenen Fällen an einzelnen Bezirken noch reizbarer Muskelfasern. Die Fäulniß bringt sie leicht in Unordnung. Sie gehen dann zuletzt gänzlich verloren. Eine einfache glashelle Hülle (Taf. IV. Fig. LIV. b.), an der zahlreiche Kernbildungen schon ohne Weiteres, vorzüglich aber nach der Ein-

wirkung der Essigsäure bemerkt werden, das sogenannte Sarcolemma oder Myolemma hüllt das Ganze ein und schließt eine Muskelfaser von der anderen ab. Die einzelnen Fasern liegen bündelweise zusammen. Das Perimysium, das die verschiedenen Abtheilungen sondert, enthält die Gefäße, die Nerven und das Fett, d. h. die sich nicht verkürzenden Gemengtheile.

§. 1231. Betrachten wir einen dünnen Schnitt einer Muskelmasse, die einfache Fasern enthält, so deutet uns zunächst eine mehr oder minder bestimmte Streifung die Richtung, in der die Fasergebilde verlaufen, an (Taf. IV. Fig. LIX.). Man bemerkt einzelne Kernbildungen und zwar wiederum am deutlichsten und zahlreichsten, nachdem man das Ganze mit Essigsäure befeuchtet hat (Taf. IV. Fig. LXI. b.). Sucht man hingegen ein dünnes Stückchen mit Nadeln so fein als möglich zu zertheilen, so sieht man viele längliche Bruchstücke (Taf. X. Fig. LX.), von denen nicht wenige einen Kern darbieten und an Faserzellen erinnern (§. 1055, vergl. Fig. 201, S. 337.). Diese waren der Länge nach früherhin zusammengefügt und bildeten die Fasern, die fast immer beträchtlich schmaler, als die quergestreiften Muskelfasern desselben Geschöpfes ausfallen. Bau der einfachen Muskelfasern.

§. 1232. Die aus einfachen Fasern bestehenden Muskeln erscheinen dem freien Auge blaß und gelblich. Die quergestreiften dagegen zeichnen sich durch ihre Fleischröthe in dem Menschen, den Säugethieren und den Vögeln aus. Viele Amphibien und Fische haben weiße bis gelbliche Muskeln, deren Fasern die entschiedensten Querstreifen dessenungeachtet darbieten. Es kann sogar in einzelnen Fischmuskeln vorkommen, daß sie in dem frischen Zustande weißgelblich und, wenn ihre Fäulniß bis zu einem gewissen Grade fortgeschritten ist, roth aussehen. Die Farbe liefert daher kein durchgreifendes Nebenmerkmal. Farbe der verschiedenen Muskelarten.

§. 1233. Der Faserverlauf führt zu dem gleichen Schlusse. Die meisten quergestreiften Fasern gehen neben einander und zwar ohne wechselseitige Verbindung dahin (Fig. 202, S. 339.). Man findet aber auch in den Vorhöfen des Frosches, daß sich ein Bündel *a*, Fig. 230, von der Faser *b* loslöst, um sich an eine andere Faser *c* anzulegen. Dieser Fall, der in den rothen Muskeln die Ausnahme bildet, kehrt in den einfachen Muskelmassen als Regel wieder. Sie umschließen zugleich meistentheils röhrige Gebilde, wie den Nahrungscanal, die Gallenblase, die Harnblase, die Gebärmutter, die Tuben und die Ausführungsgänge größerer Drüsen. Sie verlaufen dann in Längen- und Querschichten, die sich unter gewissen Winkeln durchkreuzen. Eine ähnliche Anordnung wiederholt sich in den quergestreiften Muskelmassen, die sich in demselben Falle befinden (*kopm* Fig. 82., S. 135, aus dem obersten Theile der Speiseröhren). Die meisten dichten Muskeln aber, die wir an dem Rumpfe und den Extremitäten antreffen, bieten sie größtentheils nicht dar. Verlauf der einfachen und der quergestreiften Muskelfasern

Fig. 230.



Vorkommen der quergestreiften Fasern in willkührlichen und unwillkührlichen Organen.

§. 1234. Die Namen der animalen und der vegetativen Muskelfasern (§. 1229.) erklären sich aus der Annahme, daß die quergestreiften Fasern in den dem Willenseinflusse unterworfenen Muskelmassen, die einfachen hingegen in unwillkührlichen Werkzeugen, die dem Stoffwechsel vorzugsweise dienen, auftreten. Die neueren Untersuchungen haben diese Vorstellung wesentlich geändert. Wir werden später sehen, daß der Unterschied, ob ein Theil dem Willensbefehle gehorcht oder nicht, von den Nervengebilden und keineswegs von der Beschaffenheit der Muskelmassen abhängt. Es trifft nun allerdings in dem Menschen und den höheren Geschöpfen überhaupt zusammen, daß die mit einfachen Muskelfasern versehenen Werkzeuge der unmittelbaren Bestimmung des Willens nicht unterworfen sind. Die Willkührbewegungen vieler wirbellosen Geschöpfe dagegen, wie der Schnecken, der Muscheln u. dgl., werden von einfachen Muskelfasern vollführt. Was die quergestreiften Fasern betrifft, so bewährt sich sogar jener Satz nicht einmal für den Menschen und die Wirbelthiere. Das Blutgefäßherz, die Lymphherzen der Vögel und der Amphibien führen die deutlichsten quergestreiften Fasern. Wir stoßen hier auf rothe Muskelmassen, wenn selbst die des Rumpfes und der Glieder eine weißgelbliche Farbe besitzen.

Verbreitung der quergestreiften Muskelfasern.

§. 1235. Alle freien Muskeln des Kopfes, des Halses, des Rumpfes und der Glieder, die Augenmuskeln, die ächten kleineren Gehörmuskeln, die Zunge, der Schlund, das obere Dritttheil der Speiseröhre, das Herz, das Zwerchfell, die rothen Verkürzungsgebilde des Beckens und der Geschlechtswerkzeuge führen im Menschen quergestreifte Fasern. Man findet dagegen einfache in dem Thränensacke (*m*, Fig. 171, S. 288.) und den Nebenröhren desselben (*k l*), in der Regenbogenhaut des Auges (*c*, Fig. 171.), dem Spannmuskel der Aderhaut, an vielen Schleimhäuten, in den beiden unteren Dritttheilen der Speiseröhre und in dem übrigen Nahrungscanal (*q s t u v y*, Fig. 85, S. 139.), in der Gallenblase (*l*, Fig. 86, S. 141.), der Milz (*g*, Fig. 86 [§. 980.]), der Harnblase (*x*, Fig. 85, S. 139.), den größeren Drüsengängen, wie der Luftröhre (bei *k*, Fig. 117, S. 197.) und den Luftröhrenverzweigungen, dem Gallengange (*r*, Fig. 86, S. 141.), dem Harnleiter (Fig. 175, S. 302.), dem Samenleiter (Fig. 175, S. 302.), den Samenbläschen (Fig. 175, S. 302.), der Vorsteherdrüse (Fig. 175.), in der Gebärmutter (*w*, Fig. 85, S. 139, *x*, Fig. 137, S. 219.), den Tuben (*y z*, Fig. 137.) und der Scheide (*z*, Fig. 85, S. 139.), in manchen kleineren Drüsencanälen, z. B. einzelner Hautdrüsen (Taf. IV. Fig. LXII. o. p.), in dem Lederhautgewebe (Taf IV. Fig. LXII. d e. f.), der Dartos des Hodensackes, dem Haarbalge (Taf. IV. Fig. LXIII.), den Gefäßen (§. 635.) u. dgl. Obgleich man keine Faserbildung in vielen der feinsten Drüsengänge erkennt, so darf man doch mit Recht annehmen, daß die glashelle Mittelhaut (Taf. V. Fig. LXV. b.) ein gewisses Verkürzungsvermögen besitzt. Wenn man aber früherhin häufig angenommen hat, daß sich auch das gewöhnliche Zellgewebe (Taf. III. Fig. XL.) in manchen Fällen lebhaft zusammenzieht,

so lehrten spätere Beobachtungen, daß hier immer einfache Muskelfasern in solchen Bindegewebmassen verborgen liegen.

Thätigkeitsunterschiede der beiden Arten von Muskelfasern.

§. 1236. Die beiden Hauptarten von Muskelfasern unterscheiden sich nicht bloß nur durch ihre Gestalt-, sondern auch durch ihre Verkürzungsverhältnisse. Dieser Umstand bildet eine der Hauptursachen der Verbreitungsweise derselben, während vermuthlich die Organisations- und Ernährungsbeziehungen ein zweites Bestimmungsglied liefern. Da man die Erscheinungen, welche die quergestreiften Fasern darbieten, am Genauesten verfolgt hat, so wollen wir diese zuerst betrachten und die Aehnlichkeiten und Abweichungen, welche die einfachen Muskelfasern zeigen, später durchgehen.

Bewegungsnerven eines Froschpräparates.

§. 1237. Ein jeder Muskel empfängt eine Reihe von Nervenfasern, die dessen Verkürzungsvermögen anregen können. Man nennt sie daher die bewegenden oder die motorischen Fasern. Nehmen wir an, wir hätten uns ein sogenanntes Froschschenkelpräparat angefertigt, d. h. den Unterschenkel *c*, Fig. 231, eines frisch getödteten Frosches enthäutet und die Weichgebilde des Oberschenkels mit Ausnahme des oben abgeschnittenen Hüftnerven *a b* entfernt, so können wir die Zuckungen der Muskelmasse auf zweierlei Wegen, durch Reizung des Nerven *a b* oder der Muskelsubstanz *c* zu Stande bringen.

Fig. 231.



Mechanische Reize.

§. 1238. Der Nerv *a b* verräth einen hohen Grad von Empfänglichkeit gegen mechanische Reize. Der Wadenmuskel *c* zieht sich lebhaft zusammen, wenn wir *a b* drücken oder langsam durchschneiden. Wird dagegen der Schnitt zu rasch geführt, so kann auch *c* in Ruhe bleiben. Mechanische Anregungen, welche die aus quergestreiften Fasern bestehende Muskelmasse *c* unmittelbar treffen, führen seltener zu merklichen Zusammenziehungen.

Thermische Reize.

§. 1239. Die Wärme kann reizend oder völlig zerstörend wirken. Taucht man den Nerven *a b*, Fig. 231, in Wasser von 30° bis 38° C., so ereignet es sich nicht selten, daß der Wadenmuskel *c* lebhaft zuckt. Der plötzliche Temperaturunterschied, die rasche Veränderung der Wärmeverhältnisse übt daher einen ähnlichen Einfluß, wie der mechanische Eingriff aus. Dieser Versuch läßt sich in glücklichen Fällen mehrere Male hinter einander ohne Nachtheil wiederholen. Wählt man hingegen Wasser, dessen Temperatur höher als 40° bis 45° C. liegt, und versenkt das ganze Präparat in die heiße Flüssigkeit, so gehen die Kräfte des Nerven und der Muskeln, die verbrüht werden und deshalb blasser und brüchiger erscheinen, für immer verloren. Man erhält höchstens noch Zuckungen in den ersten Augenblicken der Durchwärmung. Die Muskeln der Säugethiere und der Vögel können zwar etwas höhere Wärmegrade

ertragen, sie halten aber ebenfalls heißes Wasser nicht aus. Diese Thatsache lehrt zugleich, daß die thierische Eigenwärme nicht beträchtlich höher, als sie wahrhaft erscheint (§. 1165.), ohne wesentlichen Schaden steigen konnte.

§. 1240. Die Kälte schwächt die Verkürzungsfähigkeit und hebt sie zuletzt gänzlich auf. Man kann die Lebhaftigkeit eines Froschpräparates beliebig erhöhen oder erniedrigen, je nachdem man es zwischen Eisstücke bringt oder in Wasser von 37°,5 C. legt. Der Aufenthalt in Wasser von 20° bis 30° C. bewahrt auch die Empfänglichkeit für beträchtlich längere Zeiträume.

Schließungs- und Oeffnungszuckung §. 1241. Die Bewegungsnerven und die Muskelmassen des frisch getödteten Thieres gehorchen keiner Art von Reizung mit solcher Feinheit und Pünktlichkeit, als den elektrischen Stromesschwankungen. Steigt die Dichtigkeit der Elektricität bei dem Einbrechen der Strömung in die thierischen Gewebe von Null auf eine gegebene Höhe oder geht sie von dieser bei dem Ausbruche auf Null herab (§. 233.), so folgen die Zuckungen auf der Stelle nach. Der erstere Fall tritt im Augenblicke des Schlusses und der zweite in dem der Oeffnung der Kette ein (§. 232.). Wir erhalten daher zwei Verkürzungen, eine Schließungs- und eine Oeffnungszuckung in dem günstigsten Falle. Bleibt die Stromdichtigkeit, während die schwache galvanische Kette geschlossen erhalten wird, so gut als unverändert und fehlen zugleich alle heftigeren elektrolytischen Wirkungen, so ruhen auch die Muskeln. Die den Nerven durchsetzenden elektrischen Ströme (§. 216.) ändern dann nur allmählig die Molecularbeschaffenheit desselben, wie wir in der Nervenlehre genauer kennen lernen werden. Wechselt dagegen die Stärke des Stromes in sichtlicherem Grade oder greifen stürmischere elektrolytische Einflüsse durch (§. 239.), so zucken auch die Muskeln, während die Kette geschlossen bleibt.

Verschiedene Berührungsarten der Poldrähte. §. 1242. Die Elektricität kann hier auf dreierlei Wegen zum Ziele führen. Haben wir das Froschpräparat auf einer Glasplatte, Fig. 232,

Fig. 232.



isolirt (§. 217.), so zucken die Wadenmuskeln, wenn man die beiden Leitungsdräthe (*c* und *d*, Fig. 62, S. 87) der Kette an zwei verschiedene Punkte des Nerven *ab* oder an zwei des Muskels *c* legt, oder endlich einen Drath an den Nerven *b* und einen zweiten an den Muskel *c* bringt. Der erste Fall setzt die günstigsten und der letzte die schwächsten Empfänglichkeitsbedingungen voraus.

Thierische Ketten. §. 1243. Wir haben schon §. 223 gesehen, daß der künstliche oder der natürliche Querschnitt der zusammengesetzten Muskelfasern *ab* oder *cd*,

Fig. 233, negativ im Verhältniß zur Längenfläche derselben, *ac* oder *bd*, ausfällt. Wir haben daher gewissermaaßen eine galvanische Kette in dem Muskel selbst. Da dieser geringe Dichtigkeitsschwankungen der elektrischen Ströme mit Zuckungen beantwortet, so erhält man auf diese Weise ein Mittel, Zusammenziehungen ohne metallische Ketten durch den bloßen Einfluß der Thiergewebe selbst anzuregen.

Fig. 233.

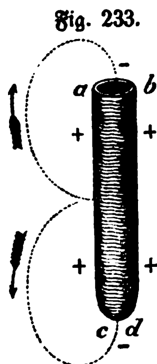


Fig. 234.



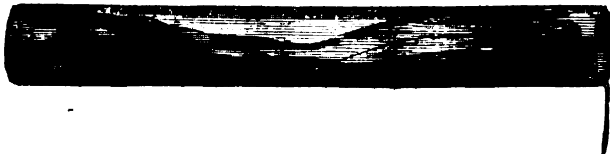
§. 1244. Der einfachste Versuch besteht darin, daß man das galvanische Präparat durch seine eigene Muskelmasse zur Verkürzung zwingt. Zuckungen in Folge der Einwirkung der gleichen Muskelmasse. Biegt man nämlich den Nerven *ab*, Fig. 234, so um, daß ein Theil *b* den benachbarten künstlichen Querschnitt berührt, so muß *ab* von einem elektrischen Strome durchsetzt werden, so wie man *a* an die Längsfläche des Wadenmuskels *c* legt. Der Strom geht in der Richtung des oberen Pfeiles von Fig. 233 dahin. Der Muskel *c* zuckt dann im Augenblicke der Berührung oder der Hinwegnahme von *a*, im Momente des Schlusses oder der Oeffnung der Kette (§. 1241.), und zwar durch die von seiner eigenen Masse gelieferten elektrischen Spannungen, die sich innerhalb seiner bewegenden Nerven auszugleichen suchen. Man gelangt bisweilen, jedoch im Ganzen seltener, zum Ziele, wenn ein Theil des Nerven die Längsfläche *c* des Wadenmuskels und ein anderer die unten befindliche obere Ausbreitung der Achillessehne berührt, weil die natürlichen Enden der Muskelfasern (*cd*, Fig. 233) unter dieser liegen.

§. 1245. Dieselben Verhältnisse liegen der von Matteucci zuerst angegebenen Schenkelsäule zum Grunde. Muskelsäulen. Man schneidet eine gewisse Zahl von enthäuteten Oberschenkeln frisch getödteter Frösche oben und unten so durch, daß man sie, wie es Fig. 235 zeigt, zusammenfügen kann. Man hat daher die negative künstliche Querschnittsfläche in *ab* und die positive Längenfläche in *bc*. Legt man nun ein Froschpräparat

Fig. 235.



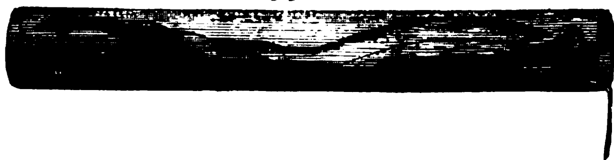
Fig. 236.



in eine Glasröhre *a*, Fig. 236, um es desto vollständiger zu isoliren (§. 217.), läßt den Nerven her-

aushängen und bringt eine Abtheilung desselben mit *ab*, Fig. 235,

Fig. 237.



und eine zweite mit einem Abschnitte von *bc* in Berührung, so werden sich wieder die Muskeln des in *a*, Fig. 237, enthaltenen Froschpräparates im Augenblicke des Schlusses, in dem der Oeffnung oder zu beiden Zeiten zusammenziehen.

Wirkung der verschiedenen Elektricitätsarten.

§. 1246. Es ist im Wesentlichen gleichgültig, von welcher Quelle der anregende elektrische Strom herrührt. Nicht bloß die eben erwähnten Contact- und die chemisch-elektrischen Ströme, sondern auch die Thermoelektricität (§. 1164.) führen hier zum Ziele. Die Spannungs- oder die Reibungselektricität (§. 217.) wirkt im Augenblicke ihrer Ausgleichung sehr kraftvoll auf Froschpräparate, weil ihr Uebergang von der gegebenen Höhe zu Null (§. 232.) auf das Rascheste zu Stande kommt.

Wechselkrämpfe und Starrkrämpfe durch elektrische Anregung.

§. 1247. Folgen die einzelnen Schließungen und Oeffnungen der galvanischen Kette langsamer hinter einander, so verfallen die Muskeln in klonische oder Wechselkrämpfe, d. h. wir haben zuerst eine Zuckung, dann eine Erschlaffung, hierauf wiederum eine Zuckung, nachher abermals Erschlaffung u. s. f. Wenn sich hingegen der Schluß und die Oeffnung der Kette rascher wiederholen, so erhalten wir Starrkrämpfe oder tonische Krämpfe, d. h. die Muskeln bleiben anhaltend zusammengezogen. Hat dieses aber zu lange gedauert oder besaß die Muskelmasse von vorn herein keinen hohen Grad von Empfänglichkeit, so finden sich Wechselkrämpfe in dem ganzen Muskel oder in einzelnen Muskelbündeln ein. Die Magnetelektromotoren (§. 248.) und die magnetelektrischen Rotationsmaschinen (§. 252.) eignen sich am Besten, den Schluß und die Oeffnung der Kette mit großer Schnelligkeit wechseln zu lassen. Man erzeugt daher leicht Starrkrämpfe mit Hilfe dieser Vorrichtungen.

§. 1248. Kräftige ausgeschnittene Froschmuskeln können noch Starrkrämpfe, wenigstens im Anfange, darbieten, wenn selbst nur durchschnittlich 2 Schläge auf die Secunde kommen. Geringere Werthe hingegen führen von vorn herein zu Wechselzuckungen.

Starrkrämpfe nach anderen Reizen.

§. 1249. Derselbe Unterschied wiederholt sich übrigens auch für andere Reizmittel. Schnürt man den Nerven *ab*, Fig. 234, S. 393, mit einem Faden allmählig zu, so gelingt es bisweilen, Starrkrämpfe der Wadenmuskeln hervorzurufen, weil eine Reihe von Eingriffen rasch auf einander folgen. Es ist also nur die Schnelligkeit der Succession und nicht etwa die besondere Eigenthümlichkeit der elektrischen Anregung, von der jene Verkürzungsweise der Muskeln herrührt. Die Muskelfasern brauchen zur vollständigen sichtlichen Erschlaffung mehr Zeit, als zwischen

je zwei Verkürzungsanregungen verstreicht. Es muß vorläufig dahingestellt bleiben, ob etwas Aehnliches im Leben, wenn wir einen Muskel anhaltend zusammenziehen, wiederkehrt.

Verschiedene Wirkung der galvanischen Stromesrichtung.

§. 1250. Die Erfolge der galvanischen Reizung hängen mit den Zuständen der Bewegungsnerven innig zusammen. Sie bestimmen es, ob die Zuckungen nur bei dem Schlusse, nur bei der Oeffnung oder in beiden Augenblicken zugleich auftreten, ob die Wirkung bei jeder beliebigen Stromesrichtung zu Stande kommt oder nicht. Die nähere Erläuterung gehört aber nicht hierher, sondern in die Darstellung der Nerventhätigkeiten.

Einfluß der Luftarten.

§. 1251. Ein Froschpräparat, das sich in einem luftverdünnten Raume, in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas, einer Mischung von gewöhnlicher Luft und Schwefelwasserstoff schon seit längerer Zeit aufhält, kann sich unter dem Einfluß des Magnetelektromotors lebhaft zusammenziehen. Wasser, das die zuletzt erwähnte Gasart verschluckt hat, hebt zwar die Reizbarkeit nicht sogleich auf. Es wirkt aber mit der Zeit schädlicher, als reines Wasser. Die Dämpfe der Essigsäure und vorzüglich des Ammoniaks schaden auf das Nachdrücklichste.

Einfluß von Aetzstoffen.

§. 1252. Weingeist, Aether, nicht zu sehr verdünnte Säuren oder Alkalilösungen, Auflösungen von Höllenstein vernichten die Empfänglichkeit augenblicklich. Sehr schwache Flüssigkeiten der Art können zweierlei Wirkungen, vorübergehend reizende oder anhaltend zerstörende, ausüben. Man stößt daher hier auf einen ähnlichen Wechsel der Erfolge, wie wir ihn schon §. 1239 für die Wärme kennen gelernt haben.

Einfluß der betäubenden Gifte.

§. 1253. Man kann einen Bewegungsnerven mit vollkommen reinen wässerigen Auflösungen von Blausäure oder von Strychnin in Berührung bringen, ohne daß hierdurch der Einfluß, den er auf Muskelzusammenziehung ausübt, verloren geht. Bildet dagegen Weingeist das Lösungsmittel, führt die Blausäure einen Zusatz von Schwefelsäure, damit sie unzersetzt bleibe (§. 299.), so können natürlich die Nachtheile bald hervortreten. Die wässerige Opiumtinctur pflegt ebenfalls schädlich einzugreifen.

Wirkungsweise des Bewegungsnerven.

§. 1254. Wir haben §. 1237 gesehen, daß sich eine quergestreifte Muskelmasse, wenn sie selbst oder ihr Bewegungsnerv angesprochen wird, zusammenzieht. Die Veränderung, welche in diesem zweiten Falle durchgreift, besteht darin, daß sich ein Wechsel des Molecularzustandes längs der Nervenfasern bis zu den in der Muskelmasse befindlichen Nervenenden fortpflanzt. Dieser erzeugt wiederum jenen eigenthümlichen Umschlag der physikalischen Verhältnisse des Muskels, dessen äußerer Ausdruck die Zusammenziehung bildet.

Beziehung der Nerven zur Reizbarkeit der Muskeln.

§. 1255. Spricht ein Reiz, z. B. ein elektrischer Strom, die Muskelmasse selbst an, so sind zwei Deutungen möglich. Man kann sich vorstellen, daß er die Muskelfasern unmittelbar anregt. Diese hätten dann die Nerven als Vermittler nicht nöthig. Sie besäßen eine ihnen inwohnende Empfänglichkeit, Reizbarkeit oder Irritabilität. Eine

zweite Erklärung bestände aber in der Annahme, daß der elektrische Strom auf die Nerven, die sich in dem Innern der Muskelmasse verbreiten, zunächst einwirkt. Wir hätten daher im Grunde genommen das Gleiche, als wenn der Nerv unmittelbar angesprochen worden wäre. Die Molecularveränderung des Nerven erzeugte erst den physikalischen Wechsel im Muskel. Dieser könnte sich nicht unmittelbar, sondern erst vermöge der Zwischenthätigkeit der bewegenden Nervenfasern zusammenziehen.

Wir werden in der Folge sehen, daß die einfachen Muskelfasern vermuthlich ein selbstständiges Verkürzungsvermögen besitzen und nicht erst die Hilfe der Nerven, wenigstens der mit öligtem Inhalte versehenen Primitivfasern, brauchen. Die Frage hingegen, ob sich die quergestreiften Fasern, die dem Nerveneinflusse pünktlicher zu gehorchen pflegen, ähnlich verhalten oder nicht, kann vorläufig mit Sicherheit nicht entschieden werden.

§. 1256. Manche Forscher haben sich vorzüglich auf die Folgen der Nervendurchschneidung berufen. Hat man den Hüftnerven (*ab*, Fig. 234, S. 393.) oder das Hüftgeflecht eines lebenden Frosches getrennt, so können sich die entsprechenden Muskeln, z. B. die Wadenmuskeln, in Folge von Willensbefehlen nicht mehr zusammenziehen. Man erhält aber im Anfange die lebhaftesten Zuckungen, wenn man den unteren Abschnitt des Nerven oder die gelähmten Muskeln selbst mit einem elektrischen Strome anspricht. Hat sich dagegen der Nerv nicht wiedererzeugt (§. 1066.), so findet man später, daß er selbst keine Zusammenziehung erregt, daß diese aber immer noch zu Stande kommt, wenn man die Poldräthe der galvanischen Kette an den Muskel legt. Die galvanischen Froschpräparate (§. 1237.) führen im Grunde genommen zu dem gleichen Ergebnisse. Geht ihre Empfänglichkeit nach und nach zu Grunde, so stößt man zuletzt ebenfalls auf eine Stufe der Reizbarkeit, während der die unmittelbar angesprochenen Muskelmassen mit Zusammenziehungen antworten, die den Nerven treffenden Reize dagegen fruchtlos bleiben (§. 1242.). Man hat aus diesen Thatsachen geschlossen, daß die Muskelfasern selbst ein in ihrer Masse liegendes Reizbarkeitsvermögen besitzen. Sie könnten sich daher nach der Zerstörung des Nerven immer noch zusammenziehen. Eine genauere Betrachtung lehrt aber, daß jene Erscheinungen den eben erwähnten Schluß nicht sicher begründen können.

Wir werden in der Nervenlehre sehen, daß sich die Thätigkeit der in der Muskelmasse verlaufenden Endverbreitung der Nerven länger, als in dem freien Nervenstamme erhält. Wenn dieser auch nicht mehr antwortet, so können doch immer jene Fasern, die sich zwischen den Muskelfasern hinziehen (§. 1255.), ihre Kräfte bewahrt haben. Der späte Untergang der Reizbarkeit der Muskelmasse gestattet daher ebenfalls eine doppelte Deutung (§. 1242.).

Einfluß von Ernährungsstörungen. §. 1257. Tiefere Ernährungsstörungen heben die hier in Betracht kommenden Lebensthätigkeiten ebenfalls auf. Eine Nervenfaser, deren öligter Inhalt geronnen ist (Taf. V. Fig. LXIX.), kann keine Bewegungen

mehr anregen. Es giebt einen gewissen Zersetzungsgrad der lebenden Muskelfasern, mit dem ihr Verkürzungsvermögen verloren geht. Sie erscheinen dabei blasser und weicher, können aber immer noch Querstreifen in Einzelfällen darbieten. Die Muskeln von Gliedern, die lange Zeit gelähmt waren, verfallen bisweilen in diesen Fehler. Eine bessere Ernährung kann ihre Kräfte von Neuem herstellen.

§. 1258. Jene schädlichen Veränderungen greifen aber nur langsam durch. Die Unterbrechung des Blutlaufes stört deshalb die Reizbarkeitsverhältnisse weniger, als sich auf den ersten Blick erwarten ließe. Der Kreislauf wirkt natürlich nicht mehr in einem galvanischen Froschpräparate (Fig. 231, S. 391.). Die Muskeln können dessenungeachtet ihr Verkürzungsvermögen und der Hüftnerv seine Fähigkeit, Zusammenziehungen zu erregen, mehrere Tage lang bewahren. Das Ganze wird häufig genug durch wiederholte Versuche so sehr erschöpft, daß die Wirkungen ausbleiben. Läßt man es aber eine Zeit lang ausruhen, so erholt es sich von den Folgen der Anstrengung. Diese Wiederherstellung des Nerven und der Muskeln hat also die Zufuhr neuen Blutes nicht nöthig. Einfluß des Blutes.

§. 1259. Hat man die Bauchaorta eines Hundes unterbunden, so findet man, daß das Thier seine Hinterbeine, denen der Blutzufluß größtentheils verschlossen ist, wie halbgelähmt nach sich zieht. Dieser Nachtheil verringert sich bisweilen in der Folge in auffallendem Maaße. Er bleibt sogar oft, wenn man nur eine Hüftschlagader, z. B. des Kaninchens, unwegsam gemacht hat, größtentheils aus. Brown-Séquard giebt dagegen an, daß die örtliche Empfänglichkeit der Muskeln der Hinterbeine von Kaninchen schon wenige Stunden nach der Unterbindung der Bauchoorta verloren ging, sich aber kurz, nachdem der Blutlauf von Neuem freigegeben worden, abermals einfand.

§. 1260. Dreierlei Zustände der Muskelmassen folgen auf einander in den Leichnamen des Menschen und der meisten Thiere. Wir haben zuerst einen Zeitraum, in dem die Muskeln einen größeren oder geringeren Ueberrest ihrer Lebensthätigkeit, ihres Vermögens, sich unter dem Einflusse passender Anregungen zu verkürzen, zurückbehalten. Sie ziehen sich später auffallend zusammen und erzeugen hierdurch jene eigenthümlichen Erscheinungen, die man mit dem Namen der Todtenstarre oder der Steifheit der Leiche zusammenfaßt. Die Fäulniß greift endlich so sehr durch, daß die Muskelmasse erweicht und schneller oder langsamer ihrer Auflösung entgegengeht. Veränderungen der Muskelmasse nach dem Tode.

§. 1261. Die Muskeln der Amphibien zeichnen sich vorzugsweise dadurch aus, daß sie ihre Empfänglichkeit mit großer Hartnäckigkeit behaupten. Man braucht deshalb die Körpertheile der getödteten Frösche zu galvanischen und zu vielen anderen Reizbarkeitsversuchen. Die Schenkelmuskeln eines Frosches beantworten nicht selten die Schläge des Magnetelektromotors 3 und selbst in Ausnahmsfällen 5 bis 6 Tage nach dem Tode. Die Muskeln des Kopfes, des Rumpfes und der Vorderbeine Zähigkeit der Reizbarkeit einzelner Thiere.

pflegen früher abzusterben. Eine enthauptete Schildkröte kann ihre Glieder noch beinahe 14 Tage nach äußeren Anregungen hin und her bewegen.

Manche Fische führen zu ähnlichen, wenn auch nicht so außerordentlich zähen Empfänglichkeitserscheinungen. Daher die bekannte Erfahrung, daß die Stücke eines Fisches, der schon vor mehreren Stunden getödtet worden, aus dem Kochgeschirre herausspringen können.

Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode.

§. 1262. Die Reizbarkeit der Leichname des Menschen, der Säugethiere und der Vögel geht im Allgemeinen viel früher, als die der Reptilien zu Grunde. Sehr junge Säugethiere liefern in dieser Hinsicht die günstigsten Verhältnisse. Man kann dessenungeachtet in den Leichnamen Hingerichteter und selbst in denen von Kranken, die an keinen Entmischungskrankheiten zu Grunde gegangen sind, finden, daß einzelne Muskeln noch 15 Stunden nach dem Tode empfänglich blieben. Galvanische Ströme bilden hier wiederum das beste Prüfungsmittel. Es ergiebt sich aber von selbst, daß es auf einer Täuschung beruhte, wenn man sie zur Unterscheidung des wahren Todes von dem Scheintode schon kurze Zeit nach dem letzten Athemzuge benutzen zu können glaubte.

Einfluß der Wärme und der betäubenden Gifte.

§. 1263. Die Temperatur übt einen wesentlichen Einfluß auf diese Erscheinungen aus. Macht sich schon die Wirkung niederer Wärmegrade für die Reizbarkeitserscheinungen der Froschpräparate geltend (§. 1240.), so ist dieses in den warmblütigen Geschöpfen in noch ausgedehnterem Maaße der Fall. Die Reizbarkeit der rothen Muskeln eines erwachsenen Vogels oder Säugethieres schwindet in wenigen Minuten, wenn der Leichnam der Nebenverhältnisse wegen rasch erkaltet. Manche betäubende Gifte, wie die Blausäure, das Wourali, führen zu den gleichen Ergebnissen, vorzüglich wenn sie in verhältnißmäßig größeren Mengen eingeführt wurden.

Bedingungen der Reizbarkeitsdauer.

§. 1264. Die Dauer der Reizbarkeit steht übrigens in einem gewissen merklichen Zusammenhange mit der Beschaffenheit der Muskelfasern. Wie diese in den Amphibien und den Fischen blasser erscheinen (§. 1232.), so sind sie auch in den neugeborenen Säugethieren die ihre Empfänglichkeit länger bewahren (§. 1241.), minder roth oder gelblicher gefärbt, als in den erwachsenen Geschöpfen der gleichen Art. Man nimmt häufig an, daß das Athmungsbedürfniß in umgekehrtem Verhältnisse zur Hartnäckigkeit der Empfänglichkeit der Muskeln steht. Künftige Erfahrungen werden jedoch erst über die Richtigkeit dieses Satzes entscheiden können. Obgleich kleinere Säugethiere verhältnißmäßig mehr Sauerstoff verbrauchen (§. 1180.) und rascher erkalten, so schwindet doch nicht immer ihre Reizbarkeit so schnell, daß die Kürze der Zeitdauer in gleichem Verhältnisse mit der Größe des Verbrennungsprocesses, der im Leben Statt findet, zunähme.

Todtenstarre.

§. 1265. Die Todtenstarre löst gewissermaaßen die Reizbarkeit ab. Wie diese eine letzte Erinnerung an das Leben, so bildet jene die erste

Stufe der Selbstzersetzung. Die Muskelmasse ändert dann ihre physikalischen Eigenschaften. Sie verkürzt sich, gewinnt eine größere Festigkeit und verliert an Nachgiebigkeit. Eine Muskelfaser, die der Todtenstarre verfallen ist, hat ihre lebendige Zusammenziehungskraft für immer verloren. Diese Veränderung greift aber nicht gleichzeitig in den mannigfachen Körpermuskeln und selbst in den einzelnen Bündeln derselben Muskelmasse durch. Es kann daher vorkommen, daß galvanische Ströme, die in einem Bezirke Verkürzungen erregen, in einem zweiten des gleichen Muskels wirkungslos bleiben.

§. 1266. Ein menschlicher Leichnam, der steif geworden, pflegt manche eigenthümliche Stellungsverhältnisse darzubieten. Obgleich der Unterkiefer unmittelbar nach dem Tode meistentheils herabsinkt, so findet man doch während der Todtenstarre, daß er sich wiederum der oberen Kinnlade mehr genähert hat. Der Vorderarm beugt sich gegen den Oberarm und der Unterschenkel gegen den Oberschenkel. Die eingeschlagenen Finger verdecken zum Theil den eingelegten Daumen. Versucht man, diese Theile mit Gewalt zu strecken, so zerreißen einzelne Muskeln, ehe die geradlinigte Stellung erreicht wird. Biegung der Gelenke des starren Leichnams.

§. 1267. Wir werden später sehen, daß noch andere Gewebe, als die quergestreiften Muskelfasern in Todtenstarre verfallen. Die eben erwähnten eigenthümlichen Stellungen der Gliedmaaßen rühren aber vor Allem von den mächtigen Fleischmassen derselben und zwar von dem mechanischen Uebergewicht der Beuger über die Strecker her. Trennt man die Muskeln, so ist die Beweglichkeit hergestellt. Die Durchschneidung eines großen Theiles der Gelenkbänder dagegen führt den gleichen Erfolg nicht herbei.

§. 1268. Die Zeichen der Todtenstarre können sich schon in der ersten Viertelstunde, die nach dem letzten Athemzuge des Menschen verfließt, einfinden. Man bemerkt sie dagegen erst ungefähr nach 18 Stunden unter den ungünstigsten Zeitverhältnissen. Ist sie später zum Vorschein gekommen, so hält sie oft länger an. Man stößt jedoch auch nicht selten auf Ausnahmen, wie z. B. nach Brücke in Thieren, die mit Strychnin vergiftet wurden. Die Leichname von Menschen, die einer plötzlichen Todesursache erlegen sind, pflegen eine sehr entschiedene, Wassersüchtige dagegen eine unbedeutende Steifigkeit darzubieten. Gelähmte Muskeln verfallen immer noch in Todtenstarre, es sei denn, daß ihr feinerer Bau im Leben zu sehr gelitten hätte. Eintritt und Dauer der Todtenstarre.

§. 1269. Die Steifheit beginnt in der Regel an dem Kopfe und dem Halse und geht von da allmählig nach abwärts. Man findet jedoch bisweilen, daß die Schenkel ihre Biegsamkeit vor den Armen zu verlieren scheinen.

§. 1270. Die tiefer durchgreifende Fäulniß macht wiederum die Muskeln weicher und mürber. Nicht sehr bedeutende Zugkräfte führen dann bald zur Zerreißung. Die Querstreifen kommen später in Unordnung und gehen endlich gänzlich zu Grunde. Man kann die Fäden län- Letzte Fäulnißveränderungen der Muskeln.

ger erkennen. Ein feinkörniger Niederschlag zeigt sich an vielen Fasern. Die Kerne des Myolemma (Taf. IV. Fig. LIV. b.) scheinen sich zuletzt weder im frischen Zustande, noch mit Hilfe der Essigsäure darstellen zu lassen. Das Ganze verwandelt sich endlich in eine schmierige, schmutzige Substanz von brauner oder grünlicher Farbe. Es gehört zu den Seltenheiten, daß sich ein großer Theil der Weichgebilde eines Leichnams in eine fettähnliche Masse, in sogenanntes Fettwachs oder Adipocire verwandelt.

§. 1271. Wir haben bis jetzt nur die Veränderungen, welche die quergestreiften Muskelfasern der roheren Untersuchung mit freiem Auge darbieten, betrachtet. Wir müssen daher jetzt die feineren Verhältnisse kennen lernen.

Zickzackbiegungen durchschnittener Muskelfasern.

§. 1272. Hat man einen Muskel eines frisch getödteten Thieres durchschnitten, so findet man, daß sich die beiden Trennungsflächen um einen gewissen Zwischenraum wechselseitig entfernen. Wiederholt man den Versuch an einer Stelle des Verlaufes des einen der beiden Bruchstücke, so kehrt die gleiche Erscheinung, wiewohl meist mit etwas geringerer Stärke, wieder. Prüft man einen dünnen losgetrennten Muskeltheil, z. B. einen Abschnitt der Bauchmuskeln des Frosches unter mäßigen Vergrößerungen, so sieht man, daß die Fasern nicht gerade, sondern in Zickzackbiegungen verlaufen. Diese entsprechen nicht selten einander in benachbarten Fasermassen, und zwar so, wie es Fig. 238 darstellt. Man findet aber auch in anderen Fällen, daß eine größere Selbstständigkeit der einzelnen Fasern durchgreift und eine auffallendere Unregelmäßigkeit auf diesem Wege bedingt wird. Fig. 239 liefert ein Beispiel dieser zweiten Einknickungsweise.

Fig 238.



Fig. 239.



Größe der Zickzackbiegungen.

§. 1273. Die Zickzackbiegungen können die Länge eines Muskels um 1/3 bis 1/2 herabsetzen. Die Winkelgröße der Einfaltungen wechselt dann zwischen 50° und 108°. Man stößt jedoch auch bisweilen auf so unbedeutende Krümmungen, daß keine beträchtliche Abweichung von 180° zu Stande kommt. Durchschnittswerthe, welche auf eine rechtwinkelige Einknickung und eine Längenabnahme von ungefähr 3/10 hindeuten, kommen an Froschmuskeln häufig vor.

Dauer der Fähigkeit der Zickzackbiegungen.

§. 1274. Die Fig. 238 und 239 abgebildeten Formen fehlen zwar in Muskeln, welche einer tiefgreifenden Selbstzersetzung verfallen sind. Die Zwischenstufe der Todtenstarre macht vielleicht schon ihr Auftreten unmöglich. Man findet sie aber nicht selten noch in Muskeln, die sich unter dem Einflusse der galvanischen Ströme nicht mehr verkürzen.

§. 1275. Die meisten früheren Forscher hielten diese Zickzackbiegungen für den Ausdruck des lebendigen Verkürzungsvermögens. Man kann nämlich z. B. an einzelnen Kehlmuskeln der Frösche unter günstigen Nebenverhältnissen wahrnehmen, daß sich die Muskelfasern nach Maaßgabe der Athembewegungen knieförmig zusammenlegen und dann wiederum gerade strecken. Es ist aber Ed. Weber zuerst gelungen, mit Sicherheit nachzuweisen, daß diese ganze Erscheinung eine Folge der Elasticität, nicht aber der dem Leben zukommenden Zusammenziehung bildet. Wenn man nämlich eine dünne hautartige Muskelmasse des Frosches, welche die Fig. 238 gezeichneten Gestalten unter dem Mikroskope darbietet, mit Hilfe des Magnetelektromotors zu Starrkrämpfen zwingt (§. 248.), so kann man unter den glücklichsten Nebenbedingungen sehen, daß sich die Muskelfasern vollkommen gerade strecken. Das Ganze wird kürzer, breiter und dicker. Hört die elektrische Einwirkung auf, so springen die Muskelfasern in ihre frühere Lage zurück. Die Zickzackbiegungen kommen abermals zum Vorschein. Ursache der Zickzackbiegungen.

Dieser entscheidende Erfolg mangelt jedoch auch in vielen Fällen. Es ereignet sich bisweilen, daß sich nur einzelne Muskelfasern wahrhaft verkürzen. Sie können dann benachbarte Fasern, die ihre Lebenseigenschaften schon verloren haben, mit sich fortziehen und die Einknickung derselben auf diesem Wege verstärken oder auch auszugleichen suchen. Ist das Zusammenziehungsvermögen beträchtlich gesunken, so kann es nicht mehr die Zickzackbiegungen vollständig aufheben. Diese verkleinern sich daher, ihre Winkel nähern sich 180° in bedeutenderem Maaße. Wir haben mit einem Worte nur einen Ausdruck des Kampfes, in dem die Elasticitätsverhältnisse den Sieg über die nur noch spurweise vorhandenen Verkürzungserscheinungen davontragen.

§. 1276. Eine Seidenschnur oder eine Violinsaite, die vorher ausgespannt gewesen, drillt sich, so wie sie durchschnitten wird, in Folge ihrer Elasticitätskräfte zusammen. Viele Fasergewebe bieten das Gleiche dar. Sie sind in ihrer natürlichen Lage in gewissem Grade ausgedehnt. Die Trennung befreit sie von diesem ihnen aufgezwungenen Zustande. Die wellenförmigen Biegungen der einzelnen unter dem Mikroskope untersuchten Zellgewebebündel (Taf. III. Fig. XL.) entstehen auf diesem Wege. Die Fig. 238 und 239 dargestellten Zickzacke der Muskelfasern rühren von derselben Ursache her. Die Form, die Größe, die innere Beschaffenheit und die wechselseitige Verbindung der Elementartheile führen nur hier zu eigenthümlichen Gestaltverhältnissen.

§. 1277. Manche andere Erscheinungen gehören vermuthlich ebenfalls hierher. Viele Muskelfasern zeigen einzelne tiefere Einschnitte (Fig. 240 [s. folg. S.]), die Durchschnittsenden anderer besitzen die verschiedensten Fig. 241 (s. folg. Seite) abgebildeten eigenthümlichen Formen. Diese können noch in Muskelfasern, die der Todtenstarre nahe stehen, vorkommen. Es ereignet sich bisweilen, daß sich manche geson- Andere Formveränderungen getrennter Muskelfasern.

derte frische Muskelfasern unter Wasser krümmen (Fig. 242) oder selbst

Fig. 240.

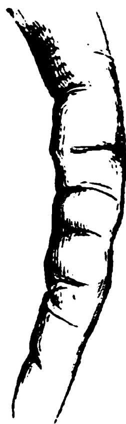


Fig. 241.



Fig. 242.

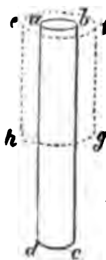


pendelartig hin- und herschwingen. Die letztere Erscheinung, die man in den Muskelmassen der Insekten bemerkt, manche Wellenbewegungen, welche an denen des Flußkrebses unter ähnlichen Verhältnissen vorkommen, fußen vermuthlich nicht bloß auf Capillaritätsverhältnissen (§. 119 fgg.), sondern auf gewissen Ueberresten der Lebensthätigkeiten.

Formenwechsel der verkürzten Muskelfasern. §. 1278. Die mikroskopische Untersuchung kann nachweisen, daß die Querstreifen der Muskelfasern des Frosches im Augenblicke der Verkürzung näher zusammenrücken. Man ist jedoch nicht im Stande, andere wesentliche Veränderungen wahrzunehmen. Die Hauptsache entgeht hier dem sinnlichen Auge, wie in vielen anderen Molecularerscheinungen, die nur aus den Nebenverhältnissen erschlossen werden.

§. 1279. Die Muskelfaser wird während ihrer Zusammenziehung kürzer, breiter und dicker, d. h. ihre Querdurchmesser nehmen auf Kosten ihrer Länge zu. Denken wir uns, sie haben eine cylindrische Gestalt in beiden Fällen, so wird sie *abcd*, Fig. 243, in dem erschlafften und *efgh* in dem zusammengezogenen Zustande entsprechen. Zwei Möglichkeiten können unter diesen Verhältnissen durchgreifen. Der Rauminhalt eines Cylinders gleicht dem Producte der Höhe *ad* und der kreisförmigen Querschnittsfläche *ab*. Da nun *ad* in die kleinere Linie *eh* und *ab* in die größere Fläche *ef* übergeht, so könnten sich diese beiderseitigen Beziehungen so ausgleichen, daß der Rauminhalt dessenungeachtet unverändert bleibt. Nehmen wir an, *ad* sei ein Centimeter und *ab* 1 Quadratcentimeter, so wird das Volumen des Cylinders *abcd* 1 Cubikcentimeter betragen. Wird nun *ad* zu *eh* oder ½ Cen-

Fig. 243.



timeter in dem Augenblicke der Zusammenziehung, während *ef* 2 Quadratcentimeter ausmacht, so haben wir immer noch einen Cubikcentimeter für den neuen Cylinder *efgh*. Die Muskelmasse würde daher in diesem Falle ihre Durchmesser, nicht aber ihren Rauminhalt ändern. Der zweite Fall bestände darin, daß alle Verhältnisse wechselten, daß z. B. eine Verdichtung der Muskelmasse zu einer Abnahme oder eine Ausdehnung zu einer Vergrößerung des Volumens führte.

Prüfung des Raumwechsels der sich verkürzenden Muskelmassen.

§. 1280. Fig. 244 kann uns das Verfahren, das man zur Prüfung dieser Frage gebraucht hat, versinnlichen. Eine gewisse Menge von enthaupteten, ausgeweideten und enthäuteten Fröschen, *d*, Fig. 244, ist auf Dräthen, die in einem der beiden Leitungsdräthe, z. B. in *f*, zusammenlaufen, aufgesteckt. Der zweite Leitungsdrath setzt sich in *g*, der nur an seiner Spitze frei, sonst dagegen mit Siegellack überzogen ist, fort. Die umgestürzte Glasglocke *e* enthält einen Zapfen *c*, den zwei dünne Röhren *a* und *b* durchsetzen. Man füllt laues Wasser von *a* aus ein. Die verdrängte Luft kann durch *b* entweichen. Ist die Flüssigkeit so weit gestiegen, daß sie zu dem offenen Ende der etwas kürzeren Röhre *b* vermöge des Gesetzes des hydrostatischen Gleichgewichts (§. 81.) hervorströmt, so wird die Mündung von *b* hermetisch geschlossen. Man muß hierbei vor Allem Acht geben, daß kein irgend sichtbares Luftbläschen an den Fröschen *d*, den Dräthen *dg*, der Unterfläche des Zapfens *c* oder sonst wo haften bleibt, weil die Compressionselasticität der Gase (§. 67.) eine Volumensabnahme, die man anderen Ursachen zuschreiben könnte, herbeizuführen im Stande wäre.

Fig. 244.



Bringt man nun *f* und *h* mit den beiden Polen einer galvanischen Säule oder eines Magnetelektromotors in Berührung, so ziehen sich die Muskeln der Froschpräparate zusammen. Die Beine werden kraftvoll gestreckt. Nehmen jetzt die Muskeln denselben Rauminhalt, den sie vor dem verkürzten Zustande darboten, ein, so kann sich auch der Spiegel der in *a* befindlichen Flüssigkeitssäule nicht ändern. Die Verdichtung dagegen müßte ihn sinken und die Ausdehnung emporsteigen lassen. Eine bei *a* angebrachte Skale und die Prüfung mit einer Vergrößerungslinse oder einem Fernrohre können dann die näheren Aufschlüsse geben.

§. 1281. Die sämmtlichen bis jetzt angestellten Beobachtungen stimmen darin überein, daß ein irgend beträchtlicher Volumensunterschied

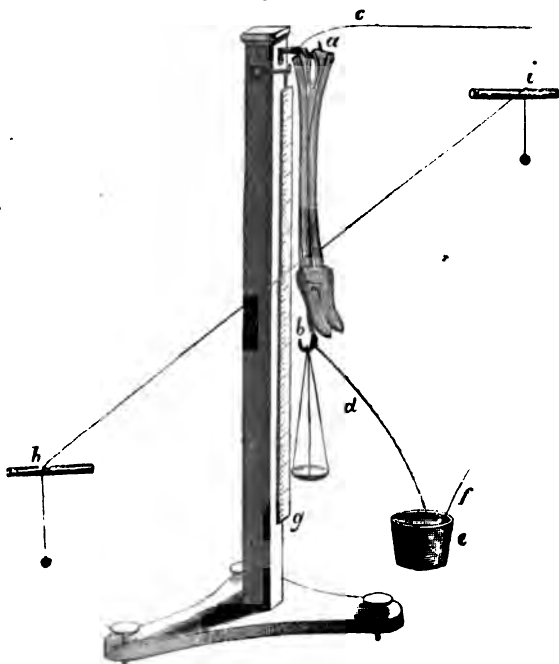
nicht bemerkt werden kann. Prevost und Dumas, so wie Matteucci erhielten gar keine Raumveränderung in Fröschen und in dem Zitterrochen. Ich fand bisweilen Schwankungen, die jedoch kaum 1/10000 des ganzen Rauminhaltes ausmachten. Weber, der mit dem Rotationsapparate an einem Aale experimentirte, hat eine geringe Raumabnahme bemerkt.

§. 1282. Hat man auch alle Luftbläschen vorher entfernt, so kann die zu häufige Durchleitung der elektrischen Schläge leicht täuschen, weil diese auf die umgebende Flüssigkeit elektrolytisch wirken und sich Gasblasen an einem der Leitungsdräthe, z. B. an der Spitze von *g*, Fig. 244, ansammeln. Dem sei nun, wie ihm wolle, so darf man jedenfalls annehmen, daß kein für die gröberen Verhältnisse wichtiger Volumenswechsel in dem Augenblicke der Muskelzusammenziehung durchgreift.

Erweichung der sich zusammenziehenden Muskeln.

§. 1283. Ein verkürzter Muskel fühlt sich härter als ein erschlaffter an. Die genaueren Untersuchungen von Ed. Weber haben aber zuerst gelehrt, daß diese Erscheinung nur von der vermehrten Spannung der Muskelfasern herrührt. Ihre Masse dagegen wird vielmehr weicher. Ihr Elasticitätscoefficient nimmt ab und nicht zu. Man kann sich von dieser merkwürdigen Thatsache auf mehrfachem Wege überzeugen. Ein einfacher Versuch, den man an der Fig. 245 abgebildeten, von Weber

Fig. 245.



zuerst gebrauchten Vorrichtung anstellt, führt am Ehesten zum Ziele. Man befestigt den Zungenbein-Zungenmuskel oder, wie man ihn auch

nennt, den Zungenschildknorpelmuskel (Hyoglossus) des Frosches an dem Metallhaken *a*, führt unten den Haken *b*, der eine kleine Wagschaale und ein geringes Beschwerungsgewicht trägt, durch und leitet einen Coconfaden *hi* durch die untere Abtheilung der Muskelmasse. Dieser Letztere, der über zwei Stangen läuft und geringe Beschwerungen an seinen beiden Enden trägt, dient als Zeiger für die dahinter befindliche Millimeterskale. Sein Standpunkt wird mittelst eines Fernrohres abgelesen.

Der eine Leitungsdrath *c* geht von dem oberen Haken *a* und der zweite *d* von dem unteren *b* aus. Jener ist mit dem einen Pole des Magnetelektromotors (Fig. 67, S. 91) fortwährend verbunden. Der zweite *d* dagegen taucht in das in *e* enthaltene Quecksilber. Nimmt dieses den zweiten Poldrath *f* des Magnetelektromotors auf, so gehen die elektrischen Schläge durch *dbac* hindurch. Der Coconfaden *hi* wird von dem verkürzten Muskel emporgehoben. Man kann daher den Unterschied der gegenwärtigen und der früheren Länge mit Hilfe des Fernrohres und der Millimeterskale *g* ermitteln.

Nehmen wir an, die Entfernung von *a* bis zu dem Durchgangspunkte von *hi*, Fig. 245, gleiche im ersten Ruhestande 20 Mm., so finden wir, daß dieser Werth allmählig auf sein mögliches Minimum unter dem Einflusse des Magnetelektromotors sinkt. Arbeitet der elektrische Apparat weiter fort, so erschlafft der Muskel zum Theil und verkürzt sich dann von Neuem. Seine Länge nimmt später stetig zu. Hört man aber mit den elektrischen Schlägen auf, so wie jene wiederum 20 Mm. beträgt, so findet man, daß der Coconfaden *hi* dessenungeachtet noch bis 21 oder 22 Mm. heruntergeht. Die Beschwerung, die den Muskel ausgedehnt erhält, nämlich die Wagschaale und das auf ihr befindliche Gewicht, sind dieselbe geblieben. Wenn sie aber jetzt den Muskel beträchtlicher verlängern, so kann dieses nur davon herrühren, daß er mittlerer Weile weicher und nachgiebiger geworden, daß seine Elasticitätsgröße (§. 52.) gesunken ist.

§. 1284. Eine Reihe vergleichender Versuche weist ferner nach, daß diese Erscheinung von der lebendigen Verkürzung und von keinen physikalischen Nebenverhältnissen herrührt. Der mit einem Beschwerungsgewichte belastete todte Muskel dehnt sich zwar ebenfalls allmählig aus. Allein geringere Zugkräfte haben weit längere Zeiträume zu denselben Größen, welche die Verkürzung in einer Minute liefert, nöthig. Setzt man einen abgestorbenen Muskel den Schlägen des Magnetelektromotors aus, so erhält man keine Erweichung, zum Beweise, daß sie nicht aus der Elektrolyse hervorgeht. Jene steht aber oft in einem sichtbaren Verhältnisse zu der Arbeitsgröße und der Verkürzungsdauer des lebenden Muskels. Hat man ihn durch anhaltende Reize erschöpft und deshalb bis zu einem gewissen Grade erweicht, so wächst wiederum seine Elasticitätsgröße in der Ruhezeit, wenn diese zu einer wahren Erholung, d. h. zur Rückkehr eines beträchtlicheren Verkürzungsvermögens führt.

Ermüdung der Muskeln.

§. 1285. Ein ermüdeter Muskel ist wahrscheinlich auch im Leben nachgiebiger, als eine frische kräftige Muskelmasse. Das Müdigkeitsgefühl hängt jedoch nicht hiervon, sondern von gewissen Zuständen der Nerven, auf die wir in der Nervenlehre zurückkommen werden, ab. Es kehren auch hier ähnliche Verhältnisse, wie für die Wärmeempfindungen (§. 1175.) wieder. Ein Kranker, dessen Muskeln ihre regelrechte Beschaffenheit darbieten, kann sich so abgeschlagen fühlen, daß er vor Ermattung hinsinken zu müssen glaubt.

Abnahme des Muskelstromes während der Zusammenziehung.

§. 1286. Die elektrischen Verhältnisse ändern sich ebenfalls in dem Augenblicke der Muskelverkürzung. Wir haben §. 223 gesehen, daß der Muskelstrom vorzugsweise daraus hervorging, daß die Längenfläche verhältnißmäßig positiv und der natürliche oder der künstliche Querschnitt negativ ausfallen. Man kann sich daher vorstellen, daß die Muskelfasern aus Molecülen bestehen, die an den Seiten positiv und an den beiden Enden negativ elektrisch sind, wie es Fig. 246 schematisch andeutet. Hat man *b* mit *a* durch einen indifferenten Leiter, in den das Galvanometer (Fig. 49, S. 80.) eingeschaltet ist, verbunden, so wird der positive Strom in der Bahn des Pfeiles, Fig. 246, dahingehen. Die Nadel des Galvanometers wird in dieser Richtung abweichen und auf einer bestimmten Größe von Graden der positiven Seite des Kreisbogens, nachdem sie ihre Schwankungen vollendet hat, stehen bleiben. Verfällt nun der Muskel, z. B. der losgetrennte Wadenmuskel eines Frosches, in Starrkrämpfe, indem man den Hüftnerven rasch wiederholten elektrischen Schlägen aussetzt, so geht die Nadel nach Du Bois[39]) zurück, gleitet über den Nullpunkt hinweg und begiebt sich eine Strecke weit in den negativen Halbkreis des Gradbogens. Die Zusammenziehungen, welche die mechanische Zerstörung des Rückenmarkes begleiten oder durch mechanische, thermische oder chemische Reize, die den Hüftnerven treffen, erregt werden, können dieselben Ergebnisse, nur in schwächerem Grade, bedingen. Es nimmt also der Muskelstrom in dem Augenblicke der kraftvollen Zusammenziehung sichtlich ab. Nähere Untersuchungen lehrten wiederum, daß diese Erscheinung nicht von zufälligen Nebenverhältnissen, sondern von der lebendigen Verkürzung selbst abhängt.

Fig. 246.



Secundäre Zuckung.

§. 1287. Diese Thatsache ist von Du Bois zur Erklärung derjenigen Wirkung, die Matteucci unter dem Namen der inducirten Zusammenziehung beschrieben hat, benutzt worden. Läßt man den Hüftnerven *a*, Fig. 247, eines Froschpräparates *d* auf den Schenkelmuskeln *b* eines zweiten Präparates ruhen und galvanisirt das entsprechende Hüftgeflecht *c* mit der Fig. 248 abgebildeten Vorrichtung, d. h. mit einer Zinkplatte *a*, die ein durchflochtener Kupferdrath *c* mit einer Kupferplatte *b* verbindet, so zucken nicht bloß die Oberschenkelmuskeln

b, Fig. 248, sondern auch die zu *d* gehörenden Muskelmassen. Ar=

Fig. 247.

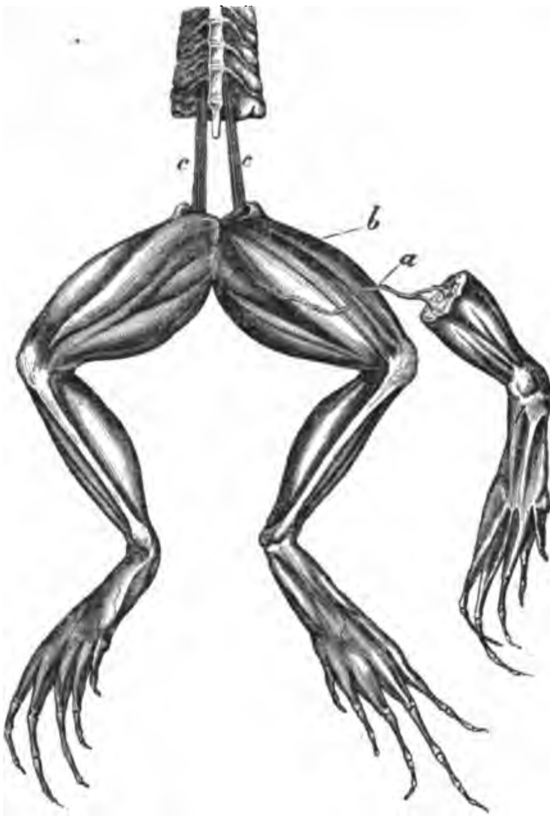


Fig. 248.



beitet man an empfänglichen Präparaten, so gelingt der Versuch zu wiederholten Malen, wenn selbst nicht das Ganze auf einer Glasplatte isolirt ist, sondern frei auf dem Tische liegt, der Nerv *a* sich nur über die äußere Längsfläche der Oberschenkelmuskeln ausbreitet und *c* nur in einer kurzen Bahnstrecke elektrisch angesprochen wird.

Da die ungleich gelagerten Längspunkte eines Muskels verschiedene elektrische Eigenschaften besitzen (§. 223.), so wird der Nerv *a* von einem schwachen Strome, so lange er aufliegt, durchsetzt. Die elektrische Reizung von *c* und die hierdurch erregte Zusammenziehung von *b*

ändern die elektrischen Verhältnisse, die sich bis jetzt in *b* (Fig. 248, v. S.) geltend gemacht haben. Wir erhalten daher auch eine Stromesschwankung für *a*, welche die ihm entsprechenden in *d* befindlichen Muskeln mit einer Zusammenziehung beantworteten. Die inducirte Zuckung besteht also darin, daß das stromprüfende oder rheoskopische Froschpräparat die negative Schwankung des Muskelstromes durch seine Verkürzung anzeigt.

§. 1288. Die Längenfläche und der Querschnitt bieten einen größeren elektrischen Gegensatz, als zwei ungleiche Punkte des Längenschnittes dar (§. 223.). Es läßt sich daher erwarten, daß die inducirte oder die secundäre Zuckung noch leichter zu Stande kommen wird, wenn ein Theil des Nerven *a*, Fig. 247, die Längenfläche und ein zweiter den Querschnitt von *b* berührt. Du Bois giebt an, daß dieses in der That der Fall sei. Die elektrische Reizung von *c*, Fig. 246, führt am sichersten zum Ziele. Mechanische, thermische oder chemische Anregungen können zwar das Gleiche in Einzelfällen darbieten. Sie versagen jedoch bei Weitem häufiger. Dieses muß um so mehr auffallen und auf eigenthümliche Nebenverhältnisse hindeuten, als der bloße Gebrauch der Fig. 248 abgebildeten einfachen Kette und mithin eine einfache, galvanisch erregte Zuckung und kein anhaltender Starrkrampf die secundäre Zuckung in irgend geeigneten Präparaten mit Sicherheit herbeiführt.

§. 1289. Bringt man ein Glasplättchen oder eine andere isolirende Substanz zwischen den Nerven *a* und die Muskeln *b*, so fällt natürlich die secundäre Zusammenziehung von *d* hinweg. Eine dünne Feuchtigkeitsschicht kann sie aber bald hervorrufen. Silber- oder Goldschlägerblättchen und andere leitende Körper heben sie nicht auf. Legt man den Nerven eines dritten Präparates auf *d*, so kann man eine tertiäre Zuckung, durch diese eine quaternäre u. s. f. zu Stande bringen.

Innere Veränderungen des zusammengezogenen Muskels.

§. 1290. Fassen wir Alles zusammen, so erleiden die Muskeln keine irgend beträchtliche und höchstens nur eine sehr geringe Veränderung ihres Rauminhaltes in dem Augenblicke ihrer Zusammenziehung. Diese macht sie aber weicher und setzt die Größe des Muskelstromes, den sie darbieten, herab. Wir haben daher die Zeichen eines durchgreifenden Wechsels der Molecularbeziehungen. Wir werden in der Betrachtung der Nerventhätigkeiten sehen, welche Aehnlichkeiten und welche Unterschiede dieser Umschlag der physikalischen Beschaffenheit und der der Magnetisirung der Körper darbieten.

Ausdehnung der Thätigkeit der Muskelfasern.

§. 1291. Ziehen sich die quergestreiften Muskelfasern lebhaft zusammen, so pflegt die Veränderung der ganzen Länge nach im Augenblicke durchzugreifen. Alle freien Muskeln des lebenden Körpers und einzelne kräftige ausgeschnittene Muskelstücke des Frosches, die wir unter dem Mikroskope betrachten, können diesen Satz unterstützen. Man stößt aber auch auf einzelne Ausnahmsfälle und zwar selbst in Muskelmassen, welche eine entschiedene Querstreifung zeigen.

§. 1292. Setzen wir den Nerven *c* des in Fig. 247 abgebildeten Froschpräparates der Wirkung des Magnetelektromotors anhaltend aus,

so haben wir im Anfange Starrkrämpfe in den Muskelmassen, z. B. des Oberschenkels *b*. Dauert aber dieses eine Zeit lang fort, so fallen Wechselkrämpfe einzelner Muskelbündel ein (§. 1247.). Diese scheinen sich bisweilen nur auf gewisse Längsstrecken zu beschränken. Losgeschnittene und sehr geschwächte Muskelstücke, die wir unter dem Mikroskope elektrisch reizen, bieten vielleicht nicht selten etwas Aehnliches dar.

§. 1293. Die Speiseröhre des Menschen führt scharf ausgesprochene quergestreifte Fasern in ihrem oberen Dritttheile. Jene gehen aber bis zur Cardia des Magens (bis *q*, Fig. 9, S. 35) in manchen Geschöpfen, wie z. B. im Kaninchen, hinab. Wir haben schon §. 381 kennen gelernt, daß die Speiseröhre der lebenden Säugethiere Wellenbewegungen, d. h. einen örtlich fortschreitenden Wechsel von Zusammenziehung und Erschlaffung in dem Augenblicke des Niederschluckens darbietet. Die herabgehenden Muskelfasern verkürzen sich nicht auf einmal, sondern in aliquoten Abschnitten nach einander. Fig. 81 bis 83, S. 135, werden dieses unmittelbar versinnlichen. Wir haben hier mit einem Worte Wellenbewegungen, welche an die der meisten einfachen Muskelfasern (§. 399.) erinnern.

Eine genauere Betrachtung lehrt aber, daß die quergestreiften Fasern der Speiseröhre ihre ursprüngliche Natur in bestimmten Fällen nicht verleugnen und nur durch Nebenverhältnisse zu Wellenverkürzungen gezwungen werden. Hat man das verlängerte Mark eines Säugethieres zerstört, so kommen keine Wurmbewegungen der Speiseröhre zum Vorschein. Läßt man die Schläge des Magnetelektromotors durch die Halsstämme eines auf diese Weise getödteten Hundes oder Kaninchens gehen, so zieht sich die Speiseröhre im Ganzen zusammen. Sie verfällt ihrer ganzen Länge nach in Starrkrämpfe und wird kürzer und breiter. Wir haben übrigens schon §. 383 gesehen, daß es von den nervösen Nebenverhältnissen abhängt, wenn die Wellenbewegungen von Stelle zu Stelle stetig fortschreiten.

§. 1294. Die Nervenfasern, die sich in dem Innern eines Muskels verbreiten, gehen in gewissen Längenabständen dahin. Jede von ihnen hat daher einen Bezirk von Molecülen der Muskelmasse, der ihrem Einflusse gehorcht. Zieht sich die Muskelfaser im Ganzen zusammen, so sind zwei Fälle möglich. Die Anregung trifft die Gesammtmasse so gut als gleichzeitig oder sie pflanzt sich blitzschnell von einer Nervenfaser zur anderen fort. Dieses letztere Verhältniß würde daher nur zu einer Succession mit überaus kleinen Zwischenzeiten führen. Die Wellenbewegungen der Speiseröhre könnten zum Theil dadurch zu Stande kommen, daß die Nervenfasern in langsamerer und geordneter Reihenfolge wirkten. Die örtlichen Wechselkrämpfe, die der Magnetelektromotor zuletzt bedingt, ließen sich insofern erklären, als einzelne Nervenfasern früher als andere erschöpft werden. Mittheilung der Anregung im Muskel.

Vergleich der Thätigkeiten der einfachen und der quergestreiften Fasern.

§. 1295. Viele der Grunderscheinungen, die wir für die quergestreiften Muskelfasern kennen gelernt haben, kehren in ähnlicher Weise in den einfachen wieder. Sie bieten ebenfalls einen elektrischen, obgleich schwächeren Gegensatz zwischen Längenfläche und Querschnitt (§. 226.) dar. Sie können, wenn sie durchschnitten worden, Zickzackbiegungen zeigen (§. 1272.). Man bemerkt aber diese Gestalt an ihnen verhältnißmäßig seltener, als an den quergestreiften Fasern. Die Todtenstarre (§. 1266.) bildet auch hier das Zwischenglied zwischen den Resten der Lebensthätigkeiten und der tiefer durchgreifenden Selbstzersetzung. Die Verkürzung kommt endlich wiederum unter zweierlei Bedingungen, durch die Ansprache der Nerven oder die der Muskelmasse selbst zum Vorschein.

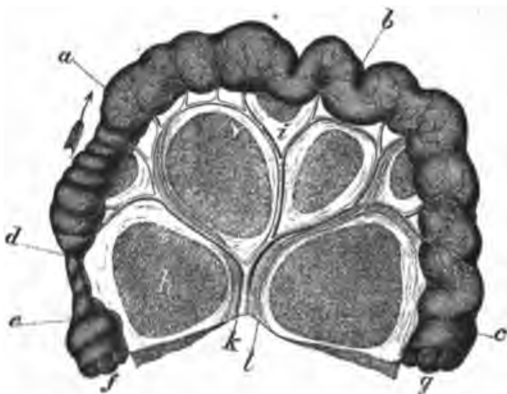
Leichtere Erregung mancher Gruppen einfacher Muskelfasern.

§. 1296. Die starken einfachen Muskelmassen des Nahrungscanales, der Harnblase und der inneren weiblichen Geschlechtstheile der meisten frisch getödteten Säugethiere ziehen sich unter dem Einflusse künstlicher Reize am Leichtesten zusammen. Manche andere Theile dagegen, denen die mikroskopische Untersuchung einfache Muskelfasern zuerkennt, antworten nur auf gewisse günstigere Bedingungen. Wir wollen daher die zuerst genannten Theile zunächst betrachten.

Wurmbewegung und tonische Zusammenziehung.

§. 1297. Während die Verkürzung im Ganzen die Regel und die Wurmbewegung die Ausnahme für die quergestreiften Fasern bildet (§. 1291.), zeigen die einfachen des Nahrungscanales, der Blase, der Eileiter, der Gebärmutter und der größeren Drüsengänge eher das Gegentheil. Betrachten wir den Dünndarm eines eben getödteten Kaninchens, so fallen uns die Wellen *da*, Fig. 249, die mehr oder minder lebhaft dahineilen und häufig wiederkehren (§. 399.), vor Allem auf. Da sie aber langsamer, als die der quergestreiften Fasern der Speiseröhre fortschreiten, so stoßen wir hier schon auf eine gewisse Bedächtigkeit oder Zähigkeit, welche die Wirkungen der einfachen Muskelfasern überhaupt auszuzeichnen pflegt.

Fig. 249.



§. 1298. Der aus den Nieren herabkommende Harn dehnt die Blase allmählig aus (§. 938.). Die Elasticität der Wände macht diese Nachgiebigkeit möglich. Verfolgt man die Erscheinungen in einem frisch getödteten Säugethiere, so sieht man, daß der Umfang der Blase mit der Entleerung des Urins beträchtlich abnimmt. Sie bildet zuletzt eine kleine kugelige Masse, deren Wände dicker geworden sind, aber immer noch

Wurmbewegungen unter dem Einflusse des Magnetelektromotors darbieten. Die Todtenstarre liefert daher nicht das nöthige Bedingungsglied jenes Maximum der Raumverkleinerung. Ein Hauptgrund liegt unzweifelhaft in der elastischen Rückwirkung, in dem Spannungsunterschiede, der gegen früher durchgreift. Es ereignet sich aber bisweilen, daß die kugelig gewordene Blase späterhin zusammengefallen und in ihren Wandungen weniger verdickt erscheint. Dieser Wechsel deutet darauf hin, daß sich zugleich ihre Fasern früher lebendig zusammengezogen hatten und in der Folge erschlafft waren. Es ergiebt sich aber schon hieraus, daß die einfachen Muskelgebilde eine tonische Verkürzung (§. 1247.) für längere Zeit behaupten können.

§. 1299. Diese Fähigkeit verräth sich im Darmcanale noch deutlicher. Hat man eine Strecke desselben in einem frisch getödteten Kaninchen zusammengedrückt, so verengt sie sich nicht selten in so auffallendem Maaße, als es *de*, Fig. 249, anzeigt. Schmalere Einschnürungen oder bloß einseitige Furchen kommen nach beschränkteren Reizen oder unter geringeren Empfänglichkeitsgraden zum Vorschein. Alle diese Verkürzungen pflegen sich eine geraume Zeit zu erhalten und nur sehr langsam auszugleichen. Mögen auch die Nachbartheile das lebhafteste Spiel von Wurmbewegungen verfolgen, so dauern doch jene Veränderungen dessenungeachtet ungestört fort.

Langsamkeit der Antworten der einfachen Muskelmassen.

§. 1300. Haben wir den Hüftnerven (*ab*, Fig. 234, S. 393.) eines Froschpräparates angesprochen, so ziehen sich die quergestreiften Fasern des Wadenmuskels (*c*) auf der Stelle zusammen. Erregung und Wirkung folgen hier so rasch auf einander, daß nur die feinsten Maaßinstrumente über die Zeitunterschiede belehren könnten. Wenn wir dagegen den Nahrungscanal oder die Nerven desselben reizen, so verfließt oft eine auffallende Zwischenzeit, ehe die Zusammenziehung zu Stande kommt.

Unterschied der Regenbogenhäute der Vögel und der Säugethiere.

§. 1301. Man kann diese Unterschiede, welche die beiden Arten von Muskelfasern darbieten, an denjenigen Werkzeugen, die quergestreifte Muskelmassen in einem und einfache in einem anderen Thiere besitzen, am Besten nachweisen. Die Regenbogenhaut (*b*, Fig. 171, S. 288.) enthält zusammengesetzte Fasern in den Vögeln und einfache in dem Menschen und den Säugethieren. Bringen wir das Auge einer Taube in den Kreis des Magnetelektromotors, so wechselt die Größe des Sehloches (*c*, Fig. 171.) im Augenblicke. Wird dagegen der gleiche Versuch an Kaninchen wiederholt, so greift die Veränderung nur allmählig und sehr langsam durch. Sie schwindet in dem Vogel, so wie die Wirkung aufhört. Sie kann dagegen noch nach derselben in dem Säugethiere anhalten.

Unterschied der Speiseröhre der Vögel und der Säugethiere.

§. 1302. Die Speiseröhre der meisten Haussäugethiere führt größtentheils quergestreifte, die der Vögel dagegen meist einfache Muskelfasern. Hält man sich nur an die Erscheinungen, welche die frisch getödteten Geschöpfe, deren verlängertes Mark abgestorben oder entfernt

worden ist, darbieten, so zieht sich die Speiseröhre der Säugethiere im Augenblicke und zwar im Ganzen unter dem Einflusse elektrischer Reize zusammen. Sie giebt mit dem Ende derselben sogleich nach. Die der Vögel antwortet im Durchschnitt langsamer und beschränkter und behält ihre einmal gewonnenen Einschnürungen länger bei. Man kann sogar den gleichen Unterschied an einer und derselben Speiseröhre mancher Säugethiere, z. B. der Katzen oder der Pferde, nicht selten erkennen, weil hier eine nicht unbedeutende Schicht einfacher Muskelfasern von dem Magen aus emporsteigt.

Eigenthümlichkeit der Muskelmassen des Darmes einzelner Thiere.

§. 1303. Der Nahrungscanal des Menschen und der meisten Wirbelthiere führt einfache Muskelmassen. Reichert hat aber zuerst bemerkt, daß die Schleihe (Cyprinus tinca s. Tinca chrysites) quergestreifte Fasern in den Magen- und den Darmwänden enthält. Diese Theile verkürzen sich auch sogleich mit einem plötzlichen Rucke. Der Darm des Flußkrebses, der ebenfalls quergestreifte Fasergebilde besitzt, liefert zum Theil ähnliche Erscheinungen.

Rasche Wirkungen der einfachen Muskelfasern.

§. 1304. Man sieht leicht, daß die eben betrachteten Thätigkeitsunterschiede der beiden Faserarten nur dem Grade nach abweichen. Manche Erscheinungen lehren aber, daß selbst die Größe der Differenz so gut als gänzlich unter den günstigsten Nebenbedingungen hinwegfallen kann.

Das Geschwindigkeitsmaximum, welches die Wellen des Dünndarmes eines Kaninchens darbieten, erreicht zwar nicht die Schnelligkeit, mit der die Wurmbewegung der Speiseröhre dahineilt (§. 382.). Die Unterschiede fallen aber doch schon beträchtlich kleiner, als gewöhnlich in einzelnen selteneren Fällen aus. Die Verhältnisse des Herzens, die wir bis jetzt absichtlich bei Seite gelassen haben und auf die wir in der Nervenlehre ausführlich zurückkommen werden, weisen am Deutlichsten nach, daß örtliche, anhaltende, nachdauernde Verkürzungen auch an quergestreiften Fasern vorkommen können. Die Thatsache, daß sich die einfachen Muskelmassen erst einige Zeit nach der Reizung zusammenziehen, bewährt sich nicht unter den günstigsten Nebenzuständen. Reizt man das verlängerte Mark, das kleine oder das große Gehirn, so kann die Wurmbewegung des Nahrungscanales eben so rasch, als die des Wadenmuskels nach der Ansprache des Hüftnerven eingreifen.

Verhalten der einfachen Fasern zu Reizen.

§. 1305. Die einfachen Muskelmassen pflegen mechanische Reize, die ihre eigene Substanz treffen, mit größerem Nachdrucke, als die quergestreiften zu erwiedern. Sie gehorchen dann oft pünktlicher, als den Erregungen ihrer freien Nervenfasern. Man kann mit vieler Wahrscheinlichkeit annehmen, daß sich ihre Masse schon ohne die Zwischenwirkung der Nerven zusammenzuziehen vermag (§. 1255.). Die Betrachtung der Herzbewegungen wird jedoch abermals zeigen, daß ein großer Theil dieser Eigenschaften an einzelnen quergestreiften Muskelmassen wiederzukehren vermag. Man kann bisweilen an dem Harnleiter der Kaninchen sehen, daß er elektrische Reize, die ihn selbst treffen, nicht erwiedert,

solche hingegen, die seine Nervengebilde in Unruhe versetzen, mit den lebhaftesten Wurmbewegungen beantwortet.

Besondere Eigenthümlichkeiten mancher einfachen Muskelfasern.

§. 1306. Obgleich die Luftröhrenverzweigungen, die Gefäße, manche feinere Drüsengänge, die Milz, einzelne Bezirke der äußeren Haut Gewebtheile, die mit den einfachen Muskelfasern der Form nach übereinstimmen, unter dem Mikroskope erkennen lassen, so ist es doch in der Regel nicht möglich, sie durch einfache mechanische oder galvanische Reize zur Verkürzung zu zwingen. Nur der Gebrauch des Magnetelektromotors oder der Rotationsmaschine, d. h. rasch wiederholte elektrische Schläge führen sicherer, wiewohl nicht immer, zum Ziele. Man erhält dann aber keine Wurmbewegungen, sondern tonische Einschnürungen, die noch eine Zeit lang, nachdem die Anregung aufgehört hat, fortdauern und sich später allmählig ausgleichen. Es müssen daher hier gewisse eigenthümliche Nebenverhältnisse den Erfolg bestimmen. Bedenkt man, daß die Gänsehaut, die Verengerung der Gefäßröhren, die Runzelung der Oberfläche des Hodensackes und andere ähnliche Erscheinungen, die von jenen Muskelfasern ausgehen, nur unter gewissen Bedingungen, wie z. B. unter dem Einflusse der Temperaturerniedrigung im Leben auftreten, so darf man mit Recht vermuthen, daß hier eine Reihe vorläufig unbekannter Bedingungsglieder wesentlich eingreift.

Launenhaftigkeit der Verkürzung der einfachen Fasern.

§. 1307. Die Verhältnisse des Nahrungscanales führen ebenfalls zu dem Schlusse, daß die Verkürzung der einfachen Muskelfasern von manchen nicht immer vorhandenen Eigenschaften abhängt. Wir haben schon in der Verdauungslehre gesehen, daß die Gedärme zu einzelnen Zeiten trotz der sie treffenden Anregungen ruhen, zu anderen dagegen unter scheinbar ähnlichen Anspruchsweisen zum Vorschein kommen.

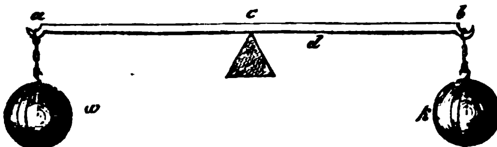
Active und passive Bewegungswerkzeuge.

§. 1308. **Allgemein mechanische Verhältnisse der Bewegungswerkzeuge.** — Die Muskeln bilden die activen Bewegungsorgane, d. h. ihr Verkürzungsvermögen liefert die mechanische Kraft, welche die Ortsveränderungen einleitet. Sie beherrschen dabei gewisse passive Bewegungswerkzeuge, wie die Knochen, die Knorpel, die Bänder, die Sehnen, die Haut und andere Theile, mit denen sie in Beziehung stehen. Da sich aber alle diese Theile wie Hebel, die von einem Krafteinflusse verrückt werden, verhalten, so müssen wir die physikalischen Grundgesetze der Hebelwirkungen vor Allem kennen lernen.

Gleichgewicht des zweiarmigen Hebels.

§. 1309. Nehmen wir an, ein Stab, z. B. der Balken einer gewöhnlichen Waage, *ab* Fig. 250, ruhe in seiner Mitte *c* auf einer festen Unterlage, er habe hier seinen Stützpunkt oder sein Hypomochlion, während die beiden Arme *ac* und *cb* dieselbe Länge und Schwere besitzen,

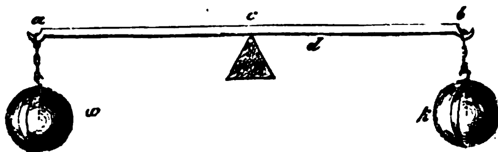
Fig. 250.



so wird dieser sogenannte Hebel erster Ordnung von vorn herein im

Gleichgewicht bleiben. Hängen wir ein Gewicht *w* in *a*, Fig. 251, und ein zweites vollkommen gleiches *k* in *b* auf, so wird das Gleichgewicht erhalten bleiben. Ist hingegen *k* schwerer, als *w*, so geht auch der Arm

Fig. 251.



cb herab, während *ab* und *w* emporgehoben werden. Diese Erscheinung hängt, wie man sich ausdrückt, von der Gleichheit der mechanischen Momente ab. Das Product der Länge des Hebelarmes *cb* und des senkrecht angreifenden Gewichtes *k* heißt nämlich der Kraftmoment, das statische oder mechanische Moment. Ist nun $w \times ac = k \times bc$, so haben wir Gleichgewicht. Wird *k* größer als *w* und daher $w \times ac < k \times bc$, so erhalten wir Uebergewicht für den der größeren Last *k* entsprechenden Hebelarm.

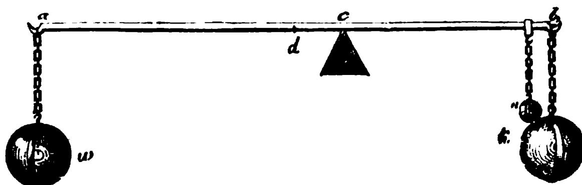
Einfluß der Länge der Hebelarme.

§. 1310. Dieser zweite Erfolg kann noch auf einem anderen Wege erreicht werden. Wird nämlich *cb* größer als *ac*, während *w* und *k* gleich bleiben, so finden wir ebenfalls $w \times ac < k \times bc$. Es kann daher zunächst das Uebergewicht von dreierlei Verhältnissen, der Vergrößerung des Zuggewichtes oder der Last, der Verlängerung des Hebelarmes oder von beiden zugleich ausgehen. Ist *ac* kleiner als *bc* und *w* größer als *k*, so können sich die Unterschiede so ausgleichen, daß $w \times ac = k \times bc$ wird und das Gleichgewicht erhalten bleibt.

Mathematische und materielle Hebel.

§. 1311. Denkt man sich die beiden Arme des in seiner Mitte *d* unterstützten Hebels, *ab* und *db*, Fig. 252, stimmten nicht bloß in

Fig. 252.

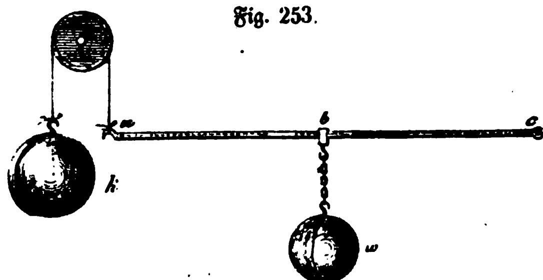


ihrer Länge, sondern auch in ihrer Schwere vollkommen überein, so werden sie selbst das Gleichgewicht nicht stören. Weichen sie aber unter einander ab, ist z. B. *ad* schwerer, als *db* oder rückt der Unterstützungspunkt von *d* nach *c*, so daß *ac* länger und deshalb schwerer wird, so muß sich ein gewisses Gewicht nach dieser Seite hin geltend machen. Die angehängte Belastung *w* wirkt in diesem Falle in Gemeinschaft mit dem Ueberschußgewichte des Hebelarmes. Soll dieses ausgeglichen werden, so muß ein zweites entsprechendes Gegengewicht, ein Aequilibrirungsgewicht *n* an den Hebel *bc* angebracht werden. Das Gleichgewicht wird erst dann zu Stande kommen, wenn $n + k$ dieselben Kräfte liefert als *w*.

§. 1312. Diese Thatsache erklärt es, weshalb man den mathematischen Hebel von dem wirklichen oder materiellen unterscheidet. Jener bildet diejenige passive Bewegungslinie, welche, abgesehen von allen materiellen Verhältnissen, übrig bleibt, für die also nur die Längen der Hebelarme in Betracht kommen. Man muß dagegen die materiellen Verhältnisse des wirklichen Hebels genauer kennen und die Schwere seiner einzelnen Abschnitte in Rechnung bringen, ehe man die Bedingungen des Gleichgewichtes oder der Verrückung genauer zu verfolgen sucht.

§. 1313. Die Wirkungen der einarmigen Hebel ergeben sich aus den oben dargestellten Grundverhältnissen ohne Weiteres. Gesetzt, ac Fig. 253, sei ein mathematischer Hebel, der in c unterstützt ist, ein bestimmtes Gewicht w in b trägt und ein Gegengewicht oder eine Kraft in k darbietet, so haben wir im Grunde genommen einen zweiarmigen Hebel, in dem nur die beiden Hebelarme theilweise zusammenfallen. Der Lastarm entspricht bc und der Kraftarm ac. Nehmen wir an w sei $= k$, so finden wir doch $w \times bc < k \times ac$, weil $ac > bc$. Soll Gleichgewicht herrschen, so muß $k \times ac = w \times bc$, folglich $k = w \cdot \frac{bc}{ab}$ werden, d. h. die Kraft k kann um so kleiner sein, je länger ihr Hebelarm ausfällt. Denken wir uns, bc sei 2 Meter, ac 4 Meter und w 10 Kilogr., so braucht k nur 5 Kilogr. zu betragen, weil $5 \times 4 = 2 \times 10$ ist. Man sieht hieraus, daß die Verlängerung des Hebelarmes des mathematischen Hebels die zum Gleichgewichte nöthige Kraft in gleichem Verhältnisse herabsetzt. Die Anordnun, in welcher der Vortheil zu Gunsten der Kraft ausschlägt, heißt ein Hebel zweiter Ordnung. Einarmige Hebel.

Fig. 253.



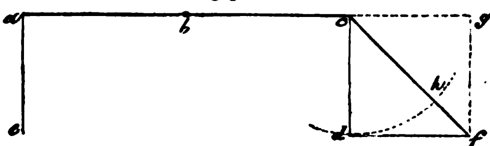
Ein Hebel dritter Ordnung bietet das Umgekehrte dar. k liefert dann die Beschwerung, welche die in b wirksame Kraft fortbewegen soll. Es geht mithin hier eine der Verkürzung des Kraftarmes entsprechende Wirkungsgröße nutzlos verloren.

§. 1314. Die einfachen Zuggewichte, die wir bis jetzt als Lasten oder Kräfte vorgestellt haben, wirken mit ihrer Schwere, d. h. senkrecht, wenn der Hebel ac, Fig. 253, wagrecht steht (§. 1315.). wbc hat daher dann 90°. Greift hingegen eine Kraft ihren Hebelarm schief an, so büßt sie hierdurch einen Theil ihres Erfolges ein. Schiefer Angriff des Hebels.

Wir können uns die Kraftgröße in der Form einer geraden Linie graphisch darstellen. Denken wir uns, sie gleiche cf für den wagerechten

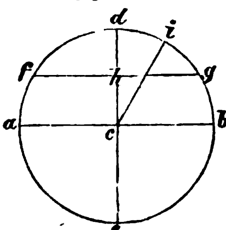
Hebelarm, *b c* Fig. 254, so leistet sie nicht mehr als die Senkrechte *c d*, deren Länge durch die *b c* parallele Linie *d f* bestimmt wird. Beschreiben wir nun einen Bogen, der *c* zum Mittelpunkt und *c d* zum Halbmesser hat, so ergiebt sich, daß *c f* die Größe *h f* verliert. Man sieht zugleich, daß sich der Nachtheil mit der Annäherung an *b c* oder *c g* vergrößern und mit der an *c d* verkleinern muß.

Fig. 254.



Schwerrichtung. §. 1315. Man kann sich die Anziehungskräfte der Erde, von denen die Schwererscheinungen und der Fall der Körper herrühren, in dem Mittelpunkte der Erde aus den bald anzuführenden Gründen vereinigt denken. Stellen wir uns nun unseren Planeten unter dem nicht ganz richtigen Bilde einer vollkommenen Kugel vor, so wird ein auf *d* befindlicher Körper in der Richtung des Halbmessers *d c* und ein auf *i* stehender in der von *i c* angezogen. Die einzelnen Molecüle einer jeden nicht außerordentlich großen Masse liegen aber so nahe zusammen, daß man die entsprechende Kreisfläche *d i* einer ebenen Tangentenfläche und die Radien *d c* und *i c* Parallelen, die auf *d i* senkrecht stehen, ohne erheblichen Fehler gleichstellen darf. Man sagt daher, daß die Molecüle von der Schwere senkrecht gegen den Erdboden herabgezogen werden.

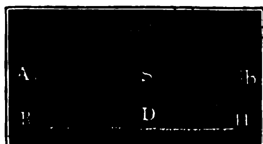
Fig. 255.



Schwerpunkt. §. 1316. Man kann sich die unendliche Menge paralleler Schwerwirkungen, welche die unendliche Zahl der kleinsten Atome eines jeden Körpers bedingt, in einem Punkte, der Resultante oder dem Centrum der genannten parallelen Drucke oder dem Schwerpunkt vereinigt denken. Diejenige gerade Linie, die ihn mit dem Mittelpunkte der Erde verbindet, heißt die Schwerlinie. Sie wird also die wagrechte Bodenfläche senkrecht schneiden.

Lage des Schwerpunktes. §. 1317. Eine Kugel, *a d b e* Fig. 255, hat ihren Schwerpunkt in dem Mittelpunkt *c* und ihre Schwerlinie in demjenigen Durchmesser *d e*, dessen Verlängerung den Mittelpunkt der Erdkugel treffen würde. Der Schwerpunkt eines jeden symmetrischen Körpers, z. B. des regulären Ellipsoides *A C B D*, Fig. 256, muß in einem Orte der Mittellinie *C D* liegen, weil alle seitlich entsprechenden Molecüle gleiche mechanische Momente darbieten (§. 1309.). Kommt auch eine vollkommene Längensymmetrie hinzu, so wird er sich in der Mitte der mittleren Achse *C D*, in *S*, Fig. 256, befinden. Sind hingegen die Massen unsymmetrisch vertheilt, so liegt der Schwerpunkt an einem anderen von den Einzelformen des Ganzen abhängigen Orte.

Fig. 256.

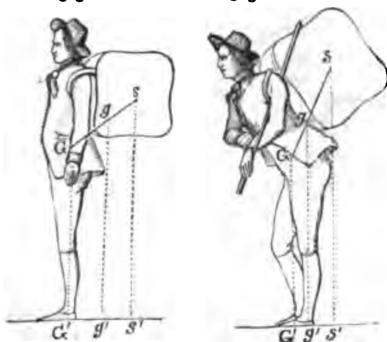


§. 1318. Soll ein Körper stehen bleiben, so muß die Schwerlinie die Unterstützungsfläche treffen. Geht sie dagegen über diese hinaus, so fällt die Masse nach der Seite, nach welcher die Schwerlinie die wagerechte Bodenfläche unter 90° schneidet, um. Viele Stellungsverhältnisse des Menschen erklären sich hieraus ohne Weiteres. Stellung der Schwerlinie.

§. 1319. Läßt man die untergeordneten Einflüsse mancher unsymmetrischer Organe, wie der Leber, der Milz, der Bauchspeicheldrüse bei Seite, so besteht der Mensch aus Theilen, die sich nahebei gleichartig in beiden Seiten wiederholen. Es wird daher sein Schwerpunkt in der Mittellinie liegen, so lange nicht einzelne Bewegungen, z. B. das Ausstrecken der einen Hand, eine zum Theil ungleichartige Massenvertheilung herbeiführt. Nähere Untersuchungen haben ferner gelehrt, daß der Schwerpunkt eines wagerecht liegenden erwachsenen kräftigen Mannes in eine Querebene fällt, die den letzten Lendenwirbel wagerecht durchschneidet. Er befindet sich also etwas höher, als *k*, Fig. 260, S. 419. Der von neugeborenen Kindern dagegen liegt beträchtlich weiter nach oben, nämlich zwischen dem Nabel und dem untersten Theile des Brustbeines *c*, Fig. 260. Schwerpunkt des Menschen.

§. 1320. Wir wollen uns vorstellen, daß der Fig. 257 abgebildete Mensch ohne Last und mit symmetrischer Haltung seiner Glieder auf wagerechtem Boden gerade steht. Befindet sich der Schwerpunkt in *G*, so geht die Schwerlinie in *GG'* hinab. Sie trifft also einen Punkt der von den Fußsohlen gelieferten Unterstützungsfläche. Der Mann kann nicht umfallen, so lange dieser Bedingung Genüge geleistet wird. Lagenveränderungen des Schwerpunktes.

Fig. 257. Fig. 258.



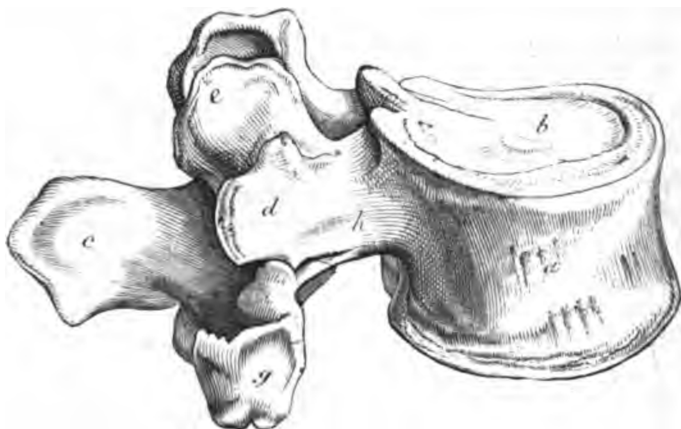
Nehmen wir an, er würde mit dem auf seinen Rücken gezeichneten schweren Packe, dessen Schwerpunkt in *s*, Fig. 257, liegt, belastet, so würde die Beschwerung allein, deren Schwerlinie *ss'* ist, auf dem wagerechten Boden sicher stehen. Hängt sie dagegen auf dem Rücken des aufrecht stehenden Mannes, so geht der gemeinschaftliche Schwerpunkt beider weiter nach hinten, z. B. von *G* nach *g*. Die Schwerlinie *gg'* erreicht daher den Boden außerhalb der Unterstützungsfläche der Fußsohlen. Der Mann muß in diesem Falle nach hinten zu umgerissen werden. Beugt er hingegen seinen Oberkörper nach vorn, wie es Fig. 258 darstellt, so hält sich auch der gemeinsame Schwerpunkt *g* weiter nach vorn. Der Mann bleibt stehen, weil *gg'* innerhalb der von den Füßen begrenzten Oberfläche hinabgeht.

§. 1321. Muß auf diese Weise ein Mensch, der eine Last auf dem Rücken trägt, seinen Oberkörper nach vorn beugen, so wird er ihn nach Verbesserungen der Schwerlinie.

hinten strecken, wenn er ein bedeutendes Gewicht mit den Händen vorn emporhebt. Hochschwangere Frauen nehmen eine ähnliche Haltung an, weil ihr Unterleib die vergrößerte Gebärmutter, die Eigebilde und das der Reife nahe Kind, d. h. eine Last von ungefähr 5 Kilogr., vorn und zum Theil unten enthält. Die Grundsätze der Mechanik lehren, daß sich ein Mensch, der einen steilen Weg emporgeht, wie wenn er eine Last auf seinem Rücken trüge, verhalten muß. Er beugt daher seinen Oberkörper nach vorn. Eilen wir bergab, so haben wir gleichsam ein Treibgewicht vorn angehängt. Wir strecken deshalb den Rumpf nach hinten zu. Die seitlichen Biegungen, die das einseitige Tragen von Lasten bedingt, die etwas schiefe Haltung von Menschen, denen der eine Arm größtentheils fehlt, erklären sich aus den gleichen Grundsätzen.

Wirbel §. 1322. Gehen wir zu der Anordnung der Skelettgebilde über, so bietet der Körper *a*, Fig. 259, eines jeden Wirbels eine breite Trag-

Fig. 259.



fläche *b* gleich einem Klotze dar. Die Bogen *h* bilden Ringe, die das Rückenmark und dessen Hüllen einschließen. Die verschiedenen Fortsätze, wie der Dornfortsatz *c*, die Querfortsätze *d* und die schiefen Fortsätze *e* und *g* liefern Ergänzungsgebilde, an welche sich Muskelmassen anheften können. Ein Theil von ihnen erzeugt auch die Gelenke, von denen die Beweglichkeit der Wirbelsäule in einem nicht unbedeutenden Grade abhängt.

Allgemeine Anordnung des menschlichen Skeletes. §. 1323. Diese Wirbel, die in Hals- (*b* Fig. 260), in Rücken- (*d*), in Lenden-, in Heiligbein- und Schwanzbeinwirbel, ihren verschiedenen Orten und ihren abweichenden Formen nach, zerfallen, sind wie Pflöcke aufgeschichtet. Sie bilden auf diese Weise den zum Theil gebogenen und in gewissen Grenzen beweglichen Stab der Wirbelsäule. Der Kopf *a*, Fig. 260, kann zwar auf dem obersten Halswirbel oder dem Atlas unter den günstigsten Nebenverhältnissen von selbst balanciren. Er verliert aber oft genug sein Gleichgewicht und sucht nach vorn umzusinken. Die

Thätigkeit der Nackenmuskeln greift in diesem Falle verbessernd ein. Da aber diese Verkürzungsgebilde in dem höheren Alter geschwächt werden, so erklärt sich hieraus, weshalb der Kopf von Greisen häufig genug nach vorn umschlägt.

Fig. 260.



§. 1324. Der Stab der Wirbelsäule *bd*, Fig. 260, ist in dem Becken *k* eingekeilt. Dieses bildet daher gewissermaßen einen Unterlagsteller, auf dem der Rumpf bei dem Sitzen mit aufrechtem Oberkörper ruhen kann. Steht hingegen der Mensch, so tragen die Beine *lms* das Becken und mithin auch den Oberkörper, wie zwei Säulen, in deren Zwischenraum die Schwerlinie hinabgeht.

§. 1325. Der Brustkorb *c*, d. h. die Rippen und das Brustbein, sind vor der Wirbelsäule aufgehängt. Sie selbst und ihre Inhaltsgebilde liefern aber eine Belastung, welche die Rückenwirbelsäule *d*, so sehr es angeht, zu biegen strebt. Die Erschlaffung der Weichgebilde führt auch häufig in der That zu einer Krümmung des Rückens in höheren Jahren.

§. 1326. Die Arme *ghi* hängen wie zwei Gewichte am Oberkörper. Ihre symmetrische Stellung wird daher das seitliche Gleichgewicht nicht verrücken. Bringt man dagegen die eine obere Extremität in eine andere Lage, als die zweite, so ändert sich natürlich hierdurch die Massenvertheilung und mithin auch die Lage des Schwerpunktes. Die Wechselbewegungen der Arme bei dem Gehen oder dem Laufen, dem Fortschreiten auf einem schmalen Pfade, z. B. einem gespannten Seile, oder bei anderen Balancirübungen rühren von diesen Verhältnissen her.

Zweckmäßigkeit der einzelnen Knochen.

§. 1327. Wir haben schon die Vorzüge, welche die eigenthümliche Massenvertheilung der Knochen darbietet, §. 62 kennen gelernt. Die übrigen Eigenschaften der Skelettgebilde entsprechen nicht minder den Einzelbedürfnissen auf das Zweckmäßigste. Einige Beispiele werden dieses näher erläutern.

Form der Knochen.

§. 1328. Knochen, die andere Theile einkapseln sollen, wie der Schädel (*a*, Fig. 260.), die Rippen und das Brustbein (*c*), die Beckenknochen (*k*) pflegen platt auszufallen; solche dagegen, in denen die Säulenform den übrigen Verhältnissen besser entspricht, wie die meisten Skelettheile der Arme (*ghi*) und der Beine (*lmn*), rundlichere Querschnitte darzubieten. Die Abplattung des Schulterblattes (*e*) hängt mit der eigenthümlichen Mechanik der Armbewegung zusammen.

Gegenseitige Verbindung der Knochen.

§. 1329. Die Beweglichkeit der einzelnen Stücke liefert den Hauptgrund, weshalb das Skelett aus einer so großen Zahl von Knochen besteht. Das der erwachsenen Menschen führt daher durchschnittlich 218 außer den 6 Gehörknöchelchen und den 32 Zähnen. Die meisten von ihnen sind gelenkig verbunden und gestatten daher beträchtlichere gegenseitige Ortsveränderungen. Manche hingegen, wie das Brustbein, die Beckenknochen, die Hand- und die Fußwurzelknochen, sind durch straffe Weichgebilde so innig zusammengefügt, daß nur geringe Verschiebungen möglich bleiben. Die Näthe (über *d* Fig. 76, S. 130.) und die Einpassung der mannigfachen Kopfknochen können noch unbedeutendere Ortsveränderungen gestatten. Dasselbe gilt von den Zähnen, welche in die Höhle der Kiefer wie Nägel eingeschlagen sind. Alle diese Verbindun-

gen gewähren aber den Vortheil, daß die kleinen Verrückungen die Stöße mildern und die Gefahr der Brüche verhüten helfen.

§. 1330. Wenn viele Knochen in der Nähe der Gelenkfläche anschwellen, so wird diese und mithin auch der Umfang des möglichen Bewegungsbogens vergrößert. Die Höcker und andere Erhabenheiten, die wir hier nicht selten antreffen, verlängern aber häufig den Kraftarm, an welchem die Muskeln arbeiten. Nehmen wir an, der untere, Fig. 261 gezeichnete Knochen wälze sich so, daß der Drehpunkt in *c* liegt, so würde ein Muskel, der sich in *d* anheftet, über den Hebelarm *cd* verfügen. Ist aber hier der Knorren *feg* angebracht, so kann er den längeren Kraftarm *ce* zu seinen Zwecken benutzen. Die gemeinschaftliche Sehne *g*, Fig. 262, der Strecker des Unterschenkels, heftet sich z. B. an die Kniescheibe *h* und das von ihr ausgehende Kniescheibenband *i* an den Knorren des Schienbeines (*m* Fig. 260, S. 419.). Der Hebelarm *hf*, über den die Sehne des Unterschenkelstreckers verfügt, findet daher günstigere mechanische Verhältnisse, als wenn *f* hinweggefallen wäre. Knochenanschwellungen.

Fig. 261.

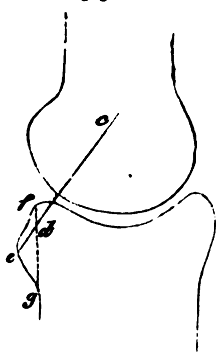


Fig. 262.



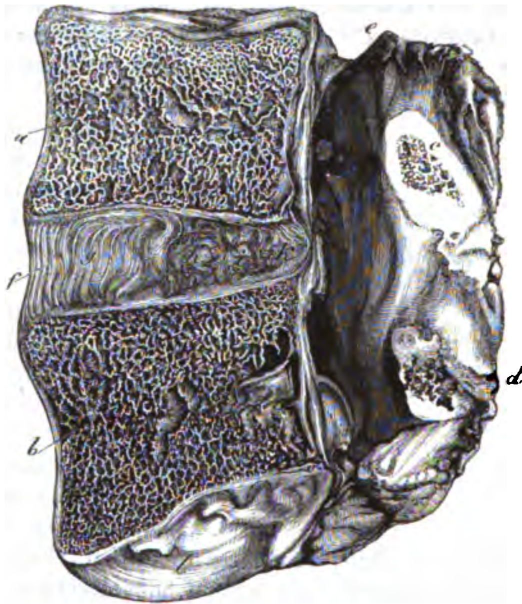
§. 1331. Die converen oder die concaven Knochenstellen liefern ausgedehntere Oberflächen, an die sich eine bedeutendere Zahl von Muskelmassen ansetzen kann. Wir werden aber in der Folge sehen, daß die Kraft der Muskeln mit der Menge der Muskelfasern unter sonst gleichen Verhältnissen zunimmt. Es ist auf diese Art die Möglichkeit gegeben, verhältnißmäßig stärkere Zugwirkungen herzustellen. Unebenheiten der Knochen.

§. 1332. Die Härte, die größere Rauhigkeit und in gewisser Hinsicht der Nervenreichthum der Knochenmasse machten es nothwendig, daß die Gelenkflächen mit passenden Ueberzügen, mit Knorpel, seltener mit anderen straffen Weichgebilden bekleidet wurden. Fett und feste Faserscheiben sind noch in erforderlichen Fällen als elastische Polster eingeschaltet. Die Gelenkbänder halten das Ganze innig zusammen. Wir haben schon §. 886 gesehen, daß die von der Gelenkhaut gelieferte Gelenkschmiere die entsprechende Raumanfüllung besorgt und den Reibungscoefficienten herabsetzt (§. 80.). Die Art und Weise, wie der äußere Luftdruck die Gelenke entlastet, ist schon §. 96 erläutert worden. Gelenke.

§. 1333. Die einzelnen Gelenke können sehr verschiedene Beweglichkeitsgrade darbieten. Die Fig. 263 (s. f. S.) dargestellten Zwischenknorpel der in der Mitte der Länge nach aufgesägten Wirbelkörper *a* und *b* enthalten Faserzüge, die sich nach Verschiedenheit der Stellungsverhältnisse biegen oder strecken können. Gehen *a* und *b* vorn zusammen, so daß sich der entsprechende Theil der Wirbelsäule aushöhlt, so knicken *f* und *g* ein, Verschiedene Arten der Gelenkeinrichtung.

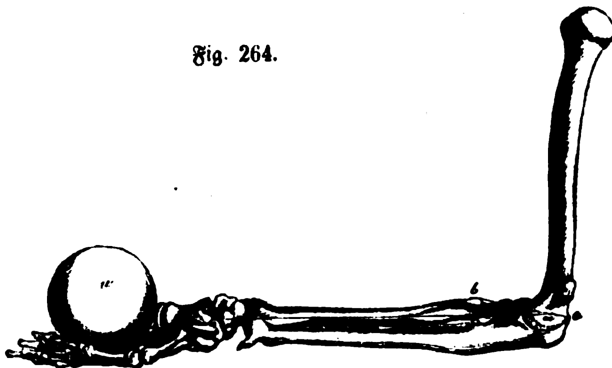
während *i* und *k* angezogen werden. Die Beugung nach hinten muß den entgegengesetzten Erfolg bedingen.

Fig. 263.



§. 1334. Manche vollständigere Gelenke, wie die der schiefen Fortsätze (*e* u. *g*, Fig. 259, S. 418.) gestatten nur geringere Verschiebungen und andere sehr eingeengte Rollbewegungen. Noch andere stimmen im Wesentlichen mit Charnieren überein, so daß sie nur eine Bewegungsrichtung, z. B. die Beugung und die Streckung der Fingerglieder gestatten. Eine ähnliche einseitige Thätigkeit tritt auch in dem Ellenbogen- und unter gewissen Nebenbedingungen in dem Kniegelenke hervor. Jenes zeigt noch die Eigenthümlichkeit, daß sich der Knorren, *c* Fig. 264, des

Fig. 264.



Ellenbogenbeines in eine Vertiefung des Oberarmes *a*, wie ein Sperrhaken hineinlegt, damit der Oberarm *a* und der Vorderarm *b* höchstens nur eine gerade Linie bei möglichster Streckung bilden können.

§. 1335. Die Nußgelenke, wie sie z. B. in der Hüfte und vorzüglich an der Schulter vorkommen, gestatten die freieste Beweglichkeit. Der kugelige Oberschenkelkopf, *g*, Fig. 11, S. 36, dreht sich in einem bedeutenden Bogen in der Pfanne *i*. Der Kopf des Oberarmes *f*, Fig. 265, kann in dem Schultergelenke noch freier spielen.

Fig. 265.



§. 1336. Eine Verrenkung entsteht dadurch, daß ein Theil der Weichgebilde eines Gelenkes zerreißt, der Gelenkkopf heraustritt und an einen anderen Ort in Folge des Stoßes, der die Verletzung erzeugte, vorzüglich aber durch den Muskelzug (§. 1071.) getrieben wird. Die Einrenkung sucht ihn wieder in seine frühere Lage zurückzubringen. Verrenkung

§. 1337. Die meisten stärkeren Muskeln setzen sich nicht unmittelbar an die passiven Bewegungswerkzeuge, die sie beherrschen, an. Sie heften sich vielmehr an Sehnen, welche als Zwischenglieder in dieser Beziehung auftreten. Wir haben aber schon §. 61 gesehen, daß ihnen die Beschaffenheit ihrer Masse die nöthige Fähigkeit verleiht, wie feste Anzugsstricke thätig zu sein. Sehnen.

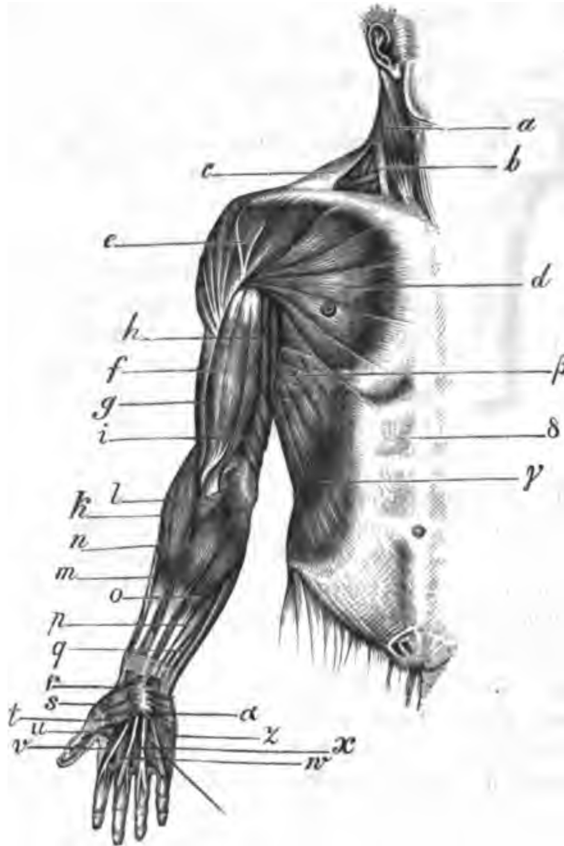
§. 1338. Das untere Ende einer jeden Muskelfaser führt dann ein schmaleres Sehnenbündel. Der Querdurchschnitt der Sehne fällt daher auch im Ganzen beträchtlich kleiner, als der des Muskels aus. Die Natur gewinnt hierdurch zunächst den Vortheil, daß sie eine kleinere Ansatzfläche und mithin z. B. einen geringeren Umfang des Knochens nöthig hat. Der zweiköpfige Armmuskel z. B., *f*, Fig. 266 (s. f. S.), läuft daher unten in die in der Abbildung sichtbare dünne Sehne aus. Dieser Umstand und die später zu betrachtenden möglichen Doppelwirkungen der Muskeln erklären es, weshalb diese nicht selten mit Sehnen an ihrem Anfange und an ihrem Ende zugleich versehen sind.

§. 1339. Ein anderer Vortheil, den uns Fig. 266 ebenfalls klar machen kann, gesellt sich in vielen Fällen hinzu. Die kraftvolle Beugung der Finger foderte starke Muskelmassen. Diese konnten aber an den Fingern oder der Hand nicht angelegt werden, ohne diese Theile unverhältnißmäßig zu verdicken und nicht bloß zu entstellen, sondern auch zu ihren feineren Thätigkeiten untauglich zu machen. Die Natur versetzt daher die Verkürzungsgebilde nach dem Vorderarm und leitet die als weiße Stränge in Fig. 266 dargestellten Sehnen zu den Fingern hinab. Die Zweckmäßigkeit und die Formenschönheit vieler Körpertheile hängen von ähnlichen Einrichtungen wesentlich ab. Vortheile der Einschaltung der Sehnen.

Leitungsrollen der Sehnen.

§. 1340. Wir haben schon §. 850 kennen gelernt, daß eigenthümliche Sehnenscheiden das Hin- und Hergleiten der Sehnen ohne beträcht-

Fig. 266.



lichen Kraftverlust möglich machen. Da aber die Muskeln nicht immer in denjenigen Richtungen, in welchen die Sehnen ziehen sollen, angelegt werden können, so findet man häufig, daß andere Theile, die als Leitungsrollen wirken, auf dem Zwischenwege eingeschaltet sind. Das Fettpolster *b*, Fig. 267, übernimmt diese Ableitung für die geraden Augenmuskeln. Die Sehne des oberen schiefen Augenmuskels *c* dagegen geht durch eine knorpelige Rolle, die Trochlea *e*, damit sie, wenn ihr Muskel in der Richtung von *ce* thätig ist, in der von *fe* ziehen könne.

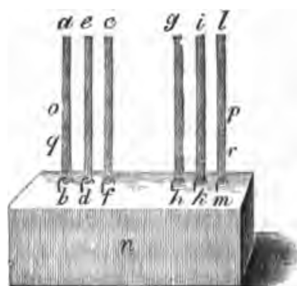
§. 1341. Die Kraft, mit der die Muskeln im Augenblicke der Zusammenziehung wirken, wechselt natürlich mit ihrem Ernährungszustande oder ihrem Baue und der Erregungsgröße, der sie im Augenblicke gehorchen. Da sich aber sehr viele Muskeln an ihre Sehnen und

diese wiederum an ihre passive Bewegungsweise schief und nicht rechtwinkelig ansetzen, so wird eine gewisse Größe ihrer Leistung verloren gehen (§. 1314.). Die zum Vorschein kommende Arbeit muß daher hinter der ursprünglichen, welche die Muskelfasern selbst liefern, zurückstehen.

Fig. 267.



Fig. 268.



§. 1342. Wir können uns die hierbei in Betracht kommenden Hauptverhältnisse an dem Fig. 268 gezeichneten Schema versinnlichen. *ab*, *ed*, *cf*, *gh* u. s. f. stellen die Muskelfasern eines geradfaserigen Muskels, *ae*, *ec*, *gi*, *il* die kleineren Zwischenräume, die zwischen den einzelnen Muskelfasern, *cg* dagegen die, welche zwischen den Muskelbündeln übrig bleiben, dar. Beide werden von Perimysium (§. 448.), mithin von Gewebtheilen, die zur Verkürzung nichts beitragen, ausgefüllt. Schema der Verhältnisse des belasteten Muskels.

§. 1343. Eine jede Muskelmasse wird die ihren Elasticitätsverhältnissen entsprechende natürliche Länge im Freien darbieten. Ist sie dagegen oben aufgehängt und unten mit dem Gewichte *n* beschwert, so dehnen sich die Fasern, wenn ihr elastischer Widerstand überwunden wird, um eine gewisse Größe aus. Die hierdurch erzeugten künstlichen Dehnungslängen *ab*, *ed* u. s. f. werden die natürlichen *aq*, *lr* um eine gewisse Größe übertreffen. Natürliche und Dehnungslänge der Muskelfasern.

§. 1344. Zieht sich der mit *n* beschwerte Muskel bis *op* zusammen, so beträgt seine Längenabnahme *ob* oder in Werthen der früheren Dehnungslänge ausgedrückt *ab* : *ob*. Die Last *n* wird aber um die gleiche Größe *ob* emporgeführt. Die Hubhöhe der Belastung bildet daher den Ausdruck der Längenabnahme der thätigen geradfaserigen Muskelmassen. Hubhöhe.

§. 1345. Denken wir uns, die Muskelfaser *ab* bestehe überall aus gleich thätigen Theilchen, so muß die Größe der Hubhöhe in glei- Verkürzungsgröße der Muskeln.

chem Verhältnisse mit der Länge der Muskelfasern zu- oder abnehmen. Zieht sich eine Muskelfaser, die 2 Centimeter lang ist, um die Hälfte zusammen, so erhalten wir 1 Centimeter Hebung. Diese beträgt aber 2 Centimeter für 4 Centimeter Dehnungslänge unter sonst gleichen Nebenverhältnissen. Man sagt daher, daß die Verkürzungsgröße der Muskelfasern von deren Länge abhängt.

Kraft der Muskeln.

§. 1346. Jeder rundlich dünne Faden einer Muskelfaser wird eine gewisse Kraft, die einer bestimmten Beschwerung entspricht, im Augenblicke der Zusammenziehung entwickeln. Diese Kraftgröße muß mit der Zahl von Fäden, die in jeder Muskelfaser enthalten sind, zunehmen. Denken wir uns zwei Muskeln, die verhältnißmäßig dieselben Perimysialbeziehungen und gleich dicke Muskelfasern enthalten, so werden sich die Mengen von diesen wie die Querschnitte (*al*, *qr*, *bm*, Fig. 268.) verhalten. Es sind daher die Kräfte, die in übereinstimmenden Verkürzungsgraden zum Vorschein kommen, den Querschnitten proportional. Man legt deshalb eine gewisse Querschnittseinheit, z. B. einen Quadratcentimeter, den allgemeinen Kraftwerthen zum Grunde.

Nutzwirkung der Muskeln.

§. 1347. Die Leistung, die Arbeit, die Nutzwirkung oder der Nutzeffect eines Muskels geht aus zwei Bedingungsgliedern, der Hubhöhe, die in einer gegebenen Zeit zu Stande kommt, und der Kraft, die dabei entwickelt wird, hervor. Das auf eine Zeiteinheit bezogene Product von beiden, das mechanische Moment oder die dynamische Einheit, liefert daher einen Werth, der eine Function jener beiden Bedingungsglieder darstellt. Wenn sich z. B. ein Muskel, der 4 Centimeter lang ist, in der Zeitsecunde um die Hälfte zusammenzieht und dabei 1 Kilogr. für jeden Quadratcentimeter Querschnitt emporhebt, so haben wir eine Nutzwirkung von $2 \times 1 = 2$ Kilogr. Centimeter oder $0{,}02 \times 1 = 0{,}02$ Kilogr. Meter Nutzwirkung für 1 Secunde und 1 Quadratcentimeter Querschnitt.

§. 1348. Die Hubhöhe bildet eine Function der Länge, die Kraft eine solche des Querschnittes und die Nutzwirkung eine solche des Productes beider Größen. Da aber das Volumen eines Körpers dem Producte der Länge und des mittleren Querschnittes entspricht, so folgt, daß die Arbeit dem Rauminhalte proportional ist. Bleibt die Eigenschwere die gleiche, so verändern sich die Gewichte und die Volumina gleichförmig. Setzt man dieses für die Muskeln voraus, so ergiebt sich, daß die Leistung den Gewichten unter sonst gleichen Verhältnissen entsprechen wird. Man nimmt daher in der allgemeinen Theorie an, daß die Länge der Fasern die Verkürzungsgröße, der Querschnitt des Muskels die Kraft und das Volumen oder das Gewicht die Nutzwirkung unter sonst gleichen Nebenumständen bestimmen können.

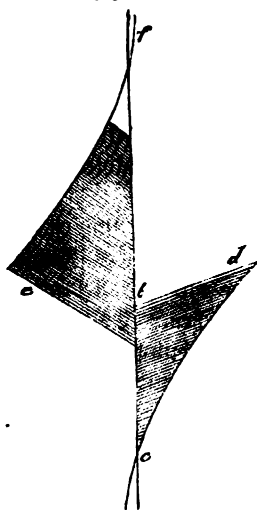
Verschiedenheit der feineren Verhältnisse der einzelnen Muskeln.

§. 1349. Die in der Wirklichkeit vorkommenden Verhältnisse sind jedoch weit entfernt, den Voraussetzungen, auf denen jener Ausspruch fußt, vollkommen zu entsprechen. Es fragt sich zunächst, ob sich immer ein Theil eines jeden Längsfadens (*ab*, Fig. 268) um eben so viel als

ein anderer verkürzt. Man kann häufig schon mit den schwachen Vergrößerungen eines Fernrohres sehen, daß dieses unter verhältnißmäßig starken Belastungen nicht der Fall ist. Es gesellt sich daher hier eine veränderliche Größe, die kein einfaches Längenverhältniß aufkommen läßt, hinzu. Vergleicht man die verschiedenen Leistungen eines und desselben Muskels, so bleibt die Menge der auf eine Querschnittseinheit kommenden Muskelfasern oder die Grundbedingung der Kraft nur dann gleich, wenn sich der Wassergehalt, die Dehnungslängen und die Formen überhaupt unverändert erhalten. Stellt man dagegen verschiedene Muskeln zusammen, so stößt man schon von vorn herein auf wesentliche Abweichungen. Der eine Muskel besitzt verhältnißmäßig mehr Perimysium, als der andere. Die einzelnen Muskelfasern bieten nicht immer die gleiche Dicke dar. Dieses kann natürlich verhältnißmäßige Differenzen der unthätigen Perimysialgebilde bedingen. Da die gegebenen Querschnitte mit der Dehnung abnehmen, so hat man dann eine neue Unterschiedsquelle. Es wäre aber auch möglich, daß jenes Verhältniß noch tiefer eingriffe. Nehmen wir an, daß jedes Molecül eines Querschnittes der Muskelfaser die gleiche Kraftgröße darbietet, so würde diese mit dem Quadrate der Durchmesser geraden Weges wechseln. Es frägt sich aber, ob nicht der Bau der Muskelfasern so beschaffen ist, daß die peripherischen Atome andere Kräfte als die centralen besitzen, und daß die relativen Mengen beider mit den Durchmessern der Muskelfasern abweichen. Ein und derselbe Querschnitt desselben Muskels enthielte dann schon ungleichwerthige Kräfteträger. Die gleichen Querschnittseinheiten zweier verschiedener Muskeln bilden aber immer ungleichwerthige Größen, die man ohne Weiteres nicht zusammenstellen darf.

§. 1350. Wir haben bis jetzt immer vorausgesetzt, daß die Muskelfasern gerade und unter einander parallel verlaufen (*ab*, *ed* u. s. f., Fig. 268.) und von der Last (*n*) rechtwinkelig angegriffen werden. Heften sie sich dagegen, wie *bd* und *e*, Fig. 269, darstellt, an ihre Sehnenmassen *fbc* schief an, so werden sich überall Variablen, deren Werthe nicht ermittelt werden können, einfinden. Die Hubhöhe von *c* liefert dann nur einen Theil der wahren Längenabnahme und der in der That entwickelten Kraft von *bd* und *e* (§. 1314.). Da die einzelnen Fasern ungleiche Längen und ungleiche Angriffswinkel in fast allen Muskeln darbieten, so kann die sorgfältigste Untersuchung nur höchstens ungefähre Mittelwerthe verschaffen. Eine Längen- oder eine Querschnittseinheit einer solchen Muskelmasse gestattet aber keinen sicheren Vergleich mit denselben Einheitsgrößen eines geradfaserigen Muskels. Schiefer Ansatz der Muskelfasern und der Sehnen.

Fig. 269.



Maximalthätigkeit der Muskeln.

§. 1351. Die praktische Ausführung der hierher gehörenden Versuche stößt auf neue Schwierigkeiten. Da die Thätigkeit eines Muskels zwischen einem gleich Null zu achtenden Minimum und einem möglichen Maximum schwanken kann, so handelt es sich zunächst darum, nur diese letztere größte Zahl zu bestimmen. Sie selbst hängt aber wiederum nicht bloß von der Art und der Größe der Anregung, sondern auch von dem Quantum der Empfänglichkeit, von der gegebenen Molecularbeschaffenheit der Muskelmasse ab. Man darf daher auf ein sicheres Maximum, das nicht von den Ergebnissen anderer glücklicherer Verhältnisse überschritten werden könnte, in keinem Falle rechnen.

§. 1352. Wollte man ein ganzes Glied eines Menschen oder eines Thieres zu jenen Versuchen gebrauchen, so würden die Mannigfaltigkeit der Muskeln, die positiven und die negativen Größen der einander entgegenwirkenden Verkürzungsmassen, der Gegenfüßler oder der Antagonisten, die schiefen Angriffsverhältnisse der Muskelfasern und der Sehnen und endlich die Wechselerscheinungen der Hebel selbst so verwickelte Bedingungsglieder liefern, daß man die Berechnung eines genauen Ergebnisses nicht vornehmen könnte. Schon der einfachste Versuch der Art, in welchem nur der Kopfnicker, die Beuger oder die Strecker der Finger oder der Zehen, die Wadenmuskeln allein in Anspruch genommen würden, entbehrt aller befriedigenden Sicherheit aus jenen Gründen. Arbeitet man dagegen mit einem ausgeschnittenen geradfaserigen Muskel eines Frosches, den man seiner zäheren Reizbarkeit wegen dem eines Säugethieres vorzieht (§. 1261.), so darf man kaum bezweifeln, daß die vorangehende Verletzung, das allmählige Absterben des Muskels, die Verdunstung und vielleicht auch der ungehinderte unnatürliche Einfluß der Luft die Thätigkeitsgrößen herabsetzen. Wir werden überdies in der Folge sehen, daß die Belastungen selbst den Muskel nicht blos dehnen, sondern ihm auch einen Theil seiner lebendigen Wirkungen entziehen können.

§. 1353. Es ergiebt sich hieraus, daß alle diese Beobachtungen nur gewisse allgemeine Sätze zu beweisen vermögen. Die Einzelwerthe dienen blos als erläuternde Beispiele, nicht aber als feste Zahlen, denen man eine höhere Bedeutung zuschreiben könnte.

Maximum der Verkürzungsgröße.

§. 1354. Der Zungenbein-Zungenmuskel (Hyoglossus) und einzelne Oberschenkelmuskeln, z. B. der Schneidermuskel (Sartorius) des Frosches gewähren den Vortheil, daß die Muskelfasern gerade und parallel wenigstens in dem größten Theile des Muskels dahingehen. Es brauchen daher hier nicht die Ergebnisse durch hypothetische Rechnungen verbessert zu werden. Sind sie mit geringen Gewichten, z. B. mit 2 Grm. beschwert, so ziehen sie sich bisweilen unter dem Einflusse des Magnetelektromotors so sehr zusammen, daß ihre Länge um etwas mehr als $^3/_4$ oder $^4/_5$ abnimmt. Die Bildung der Zickzackbiegungen (§. 1272.) hebt die Möglichkeit dieser bedeutenden Verkürzungsgrößen nicht auf. Ein

ausgeschnittener Muskel, dessen Länge mehr als die Hälfte jener elastischen Einknickungen wegen (§. 1273.) abgenommen hat, kann noch $1/4$ mehr unter dem Einflusse des galvanischen Stromes verlieren. Da sich nun die zusammengezogenen Fasern gerade strecken (§. 1275.), so ergiebt sich, daß man dann eine Abnahme von $3/4$ der ursprünglichen Länge vor sich hat.

Hemmung der Verkürzungsgröße im Leben.

§. 1355. Die meisten lebenden Muskeln können sich nicht bis zu dem ihrer Masse möglichen Maximum verkürzen, weil sie schon früher von den Hebeln, an denen sie arbeiten, gehemmt werden. Nur einzelne um Röhren herumgehende Verkürzungsgebilde, wie die des Schlundes und der Speiseröhre (*g* bis *s*, Fig. 81, S. 135.) oder der Afterschließer, stoßen in dieser Hinsicht auf günstigere Nebenbedingungen.

Veränderungen der Verkürzungsgröße.

§. 1356. Die Verkürzungsgröße eines Muskels fällt im Allgemeinen um so kleiner aus, je mehr das Beschwerungsgewicht zunimmt. Ein Hyoglossus, der sich unter einer Belastung von 2 Grm. um 25,8 Mm. zusammenzog, lieferte nur 18,3 Mm. bei 10 Grm., 1,6 Mm. bei 20 Grm., 0,6 Mm. bei 30 Grm. und 0,1 Mm. bei 50 Grm. Eine Maximallast wird daher eine Minimalhebung möglich machen.

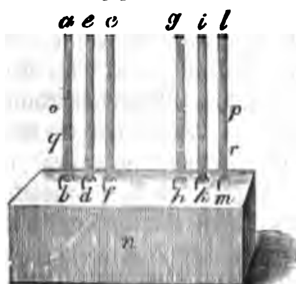
Vernichtung der Reizbarkeit durch zu große Belastungen.

§. 1357. Der Wechsel der Belastungen kann in doppelter Weise wirken. Das schwerere Gewicht verlängert natürlich auch die Muskelmasse. Die Dehnungslänge (§. 1343.) des beispielsweise angeführten Hyoglossus betrug z. B. 33,8 Mm. bei 2 Grm., 40,5 Mm. bei 10 Grm., 44,5 Mm. bei 30 Grm. und 50,5 Mm. bei 60 Grm. Der proportionelle Verkürzungswerth (§. 1344.) bildet daher eine Function der Dehnungslänge und der Verkürzungsgröße oder der Spannung, der Elasticität und der lebendigen Zusammenziehung. Zu große Beschwerungen vernichten aber überdies ein merkliches Quantum der Empfänglichkeit. Läßt man ein bedeutenderes Gewicht auf die Fig. 245, S. 404 abgebildete Waagschale fallen, so daß die Fallgeschwindigkeit die Zugkraft vergrößert (§. 66.), so kann man die Verkürzungsfähigkeit des kräftigsten Muskels für immer vernichten.

Gleichgewichts- und Maximalkraft

§. 1358. Zweierlei Arten von Kraftgrößen, die Gleichgewichts- und die Maximalkraft, kommen auf diesem Gebiete in Betracht. Werden beide auf Querschnittseinheiten zurückgeführt, so darf man höchstens die entsprechenden Werthe, welche die gleiche Muskelgattung geliefert hat, wechselseitig zusammenstellen.

Fig. 270.



Begriff der Gleichgewichtskraft.

§. 1359. Gesetzt, *aq*, Fig. 270, sei die natürliche ursprüngliche Länge der mit keinem Gewichte beschwerten Muskelfaser und die Last *n* verlängere sie bis *ab*, so hat die stärkere Dehnung den Größenzuwachs *qb* bewirkt. Zieht sich der Muskel so zusammen, daß er dann die

Länge aq besitzt, so hat natürlich die Verkürzung die Dehnung gerade aufgehoben. Nun verlängern sich die Muskeln um so mehr und verkürzen sich um so weniger, je größer die einwirkenden Zugkräfte ausfallen. Die Gleichgewichtskraft wird durch das Gewicht bestimmt, das den ruhenden Muskel um eben so viel ausdehnt, als er sich unter dem Einflusse seiner lebendigen Thätigkeit zusammenzieht. Diese Auffassung der Kraftwirkung wurde von Ed. Weber zuerst eingeführt.

Größe der Gleichgewichtskraft. §. 1360. Der Hyoglossus eines Frosches lieferte für diesen Fall 747 Grm. für einen Quadratcentimeter Querschnitt und 39 % Verkürzungsgröße, der Schneidermuskel 1091 Grm. und 18,4 %, der Wadenmuskel endlich, dessen Fasern schief verlaufen (Fig. 269, S. 427), 1805 Grm. und 10,4 %. Wir sehen hieraus, daß die Gleichgewichtskraft wächst, so wie die entsprechende Dehnungslänge abnimmt. Die störenden Wirkungen der Letzteren erklären diese Verhältnisse. Die Last, welche die Gleichgewichtskraft herbeiführte, war 30 bis 32 Mal so groß, als die Schwere des Zungenbein-Zungenmuskels oder des Schneidermuskels. Sie übertraf dagegen die des Wadenmuskels um das 47fache.

Begriff der Maximalkraft. §. 1361. Es ergiebt sich schon aus den §. 1356 angeführten Beispielen, daß sich die Belastungen und die Verkürzungsgrößen in keinem einfachen umgekehrten Verhältnisse ändern. Jene können vielmehr stärker wachsen, während diese weniger sinken. Verhältnißmäßig ungeheure Lasten können noch sehr kleine Verkürzungen gestatten. Nimmt man nun einen willkürlichen unbedeutenden Minimalwerth der Längenabnahme als Ausgangspunkt, so wird man dann eine entsprechende Maximalkraft erhalten. Ist jene erstere Größe so gering, daß man sie ohne erhebliche Fehler vernachlässigen kann, so hat man den Vortheil, daß man die Kraft nicht erst auf die immer mißliche Querschnittsbestimmung (§. 1349.), sondern auf Gewichtseinheiten der Belastung zurückführen und mit dem Gewichte des thätigen Muskels unmittelbar vergleichen kann.

Werth der Maximalkraft. §. 1362. Legte man $1/_{10}$ Mm., das $1/_5$ bis $1/_3$ % der Länge der zu solchen Versuchen gebrauchten Froschmuskeln betrug, für die Minimalgröße der Verkürzung zum Grunde, so fand sich unter sehr günstigen Nebenbedingungen, daß 1 Quadratcentimeter Querschnitt des Hyoglossus 3508 und derselbe Einheitswerth des Schneidermuskels 5599 Grm. überwand. Die gehobene Last wog 1092 Mal so viel als die Muskelmasse in dem ersteren und 1216 Mal so viel in dem letzteren Falle. Der Wadenmuskel hob sogar Beschwerungen, die mehr als 2800 Mal seines eigenen Gewichtes betrugen, unter den glücklichsten Nebenverhältnissen. Bedenkt man nun, daß jene großen Zugkräfte der Reizbarkeit der Muskeln, vorzüglich der geradfaserigen, bedeutend schaden, so ergiebt sich, daß diese außerordentlichen Werthe eher zu klein als zu groß ausfallen.

Natürliche Maximalkraft. §. 1363. Andere Beobachtungen können diesen Schluß nur unterstützen. Bedient man sich nämlich einer Vorrichtung[40]), in welcher man die künstliche, durch die Belastung bewirkte Dehnung vermeidet und den Wadenmuskel des Frosches in seiner natürlichen Anheftungsweise arbeiten

läßt, so findet man, daß er eine Last, die 16 bis 17 tausend Mal so viel als er selbst wiegt, eine Minimalstrecke emporheben kann. Ein Quadratcentimeter Querschnitt giebt dann ungefähr 45 bis 52 Kilogr. Beschwerung für 0,3 bis 0,1 % der Längenabnahme. Da diese Muskeln von dem übrigen Körper der getödteten Frösche losgetrennt waren, so darf man vermuthen, daß sie immer noch weniger geliefert haben, als die an dem lebenden Thiere befindlichen Muskelmassen leisten könnten.

§. 1364. Ständen die Verkürzungsgrößen und die Beschwerungen in einfachem umgekehrten Verhältnisse, so müßte die Nutzwirkung (§. 1347.) in allen Fällen die gleiche bleiben. Wir haben aber schon §. 1361 gesehen, daß die Lasten beträchtlicher wachsen, als die Längen abnehmen. Ein Muskel, der nur kleine Beschwerungen trägt, zieht sich zwar stärker zusammen. Die bedeutendere Längenabnahme ist aber nicht im Stande, die Verringerung der Gewichtsgröße jenseit einer gewissen Grenze auszugleichen. Das Maximum der Nutzwirkung wird daher weder mit dem der Längenabnahme, noch mit dem der größten Belastung, sondern mit einem gewissen Mittelwerthe zusammenfallen. Ein Hyoglossus des Frosches gab z. B. Maximum der Nutzwirkung.

Belastung in Grm.	Dehnungslänge in Mm.	Hubhöhe in Mm.	Nutzwirkung in Grm. Centimetern.
2	33,8	25,8	5,16
10	40,4	18,3	18.3
20	44,5	1,6	3,2
30	47,5	0,6	1,8
40	48,4	0,3	1,2
50	49,5	0,2	1,0
60	50,5	0,1	0,6

Wir haben also den größten Nutzeffect weder bei der stärksten Verkürzung von 25,8 Mm., noch bei der bedeutendsten Belastung von 60 Grm., sondern in einem der dazwischen liegenden Versuche, bei 10 Grm. Gewicht und 18,3 Mm. Hubhöhe. Man sieht zugleich, daß die schwersten Belastungen gerade die ungünstigsten Verhältnisse für die dynamische Einheit liefern.

§. 1365. Unsere eigenen Leistungen führen zu dem gleichen Hauptergebnisse. Wir können zwar allerdings eine beträchtliche Last eine kurze Strecke und eine beschränkte Zeit emporheben. Die Ermüdung macht aber die längere Fortsetzung und die öftere Wiederholung einer solchen Arbeit unmöglich. Will man die Muskelkräfte eines Menschen oder eines Thieres am Zweckmäßigsten benutzen, so muß man mäßige Beschwerun-

gen, die nicht zu sehr erschöpfen, auswählen. Man ist auf diese Weise im Stande, nicht blos die günstigsten dynamischen Einheiten überhaupt zu gewinnen, sondern auch die Thätigkeit Tage lang ohne anhaltende Erschöpfung fortsetzen zu lassen.

Mäßige Wirkungen der Muskeln des Menschen.

§. 1366. Es kommt unter regelwidrigen Verhältnissen vor, daß die sich krampfhaft zusammenziehenden Muskeln die stärksten Sehnen zerreißen (§. 50.). Die gewöhnlichen Muskelthätigkeiten setzen zwar immer noch bedeutende Kräfte voraus. Die Leistungen erreichen jedoch lange nicht die Maxima, die wir an den todten Muskeln §. 1362 ff. kennen gelernt haben. Dieser Unterschied rührt von zweierlei Ursachen her. Die Muskelverkürzung, die man selbst zur Bewältigung schwerer Lasten gebraucht, steigt fast nie auf die Maxima, die wir künstlich durch die raschen Schläge des Magnetelektromotors hervorrufen. Die Reizbarkeit würde auch dann zu rasch erschöpft werden. Die meisten Muskeln arbeiten überdies unter Verhältnissen, welche eine bedeutende Kraftgröße der schiefen Angriffswinkel und der ungünstigen Hebelverhältnisse wegen aufzehren (§. 1314.).

Kraftverlust der Muskeln der schiefen Ansätze wegen.

§. 1367. Sollten die Muskeln keine unförmlichen und unzweckmäßigen Massen bilden, so mußten sich viele ihrer Muskelfasern an die Sehnen oder die Sehnenblätter schief ansetzen. Das Gleiche wiederholt sich später für die Anfügung der Sehnen an die Knochen oder an andere passive Bewegungswerkzeuge. Ging aber schon hierdurch viel Kraft verloren, so wählt überdies die Natur meistentheils ungünstigere Hebelverhältnisse aus wohl berechneten Gründen.

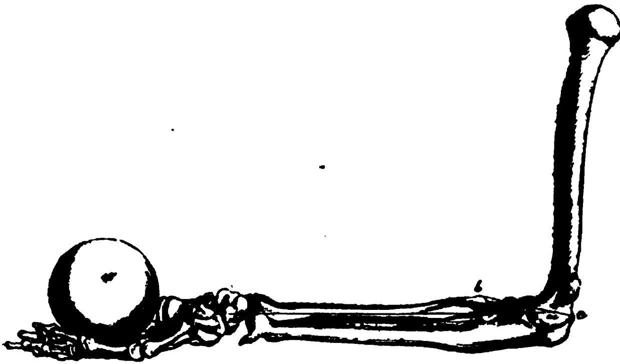
In den Hebelverhältnissen begründeter Kraftverlust der Muskeln.

§. 1368. Wir haben §. 1313 gesehen, daß die Hebel der dritten Ordnung, d. h. der Fall, in welchem die Kraft an dem kürzeren und die Last an dem längeren Arme arbeitet, die größten, und die zweiter Ordnung, in denen das Entgegengesetzte Statt findet, kleinere Kraftanstrengungen voraussetzen. Man sollte nun glauben, daß die Natur diesen letzteren Vortheil überall benutzen werde. Die Untersuchung der Bewegungswerkzeuge lehrt aber, daß die Hebel, in denen die Kraft begünstigt ist, seltener als die, in welchen sie auf größere Schwierigkeiten stößt, vorkommen. Die nähere Betrachtung eines Beispieles wird uns die Ursache dieser Erscheinung klar machen.

Der Schwerpunkt des Vorderarmes und der ausgestreckten Hand liegt ungefähr um $^2/_5$ der Länge, die von der Spitze des Mittelfingers bis zum Ellenbogengelenke reicht, von diesem Letzteren entfernt. Gesetzt, der Mensch hielte aber ein Gewicht w, Fig. 271, auf flacher Hand. Der gemeinschaftliche Schwerpunkt von w, der Hand und dem Vorderarme falle dann in d, so beträgt der Lastarm (§. 1313.) da, wenn der Vorderarm um den Drehpunkt a an dem unteren Ende des Oberarmbeines in dem Ellenbogengelenke bewegt werden soll. Die Sehne des zweiköpfigen Armmuskels (f, Fig. 266, S. 424.), der den Vorderarm beugt oder in unserem Beispiele emporhebt, heftet sich aber in b an.

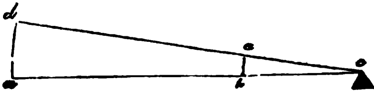
Sie hat daher den weit kürzeren Kraftarm *ab*. Die Leistungen vermindern sich deshalb um den Quotienten von *ab* und *ad* (§. 1313.).

Fig. 271.



§. 1369. Das Schema, Fig. 272, kann uns den Grund dieser Erscheinung unmittelbar klar machen. Hätten die Muskeln den längeren Kraftarm *ac* und die passiven Bewegungswerkzeuge den kürzeren Lastarm *bc* besessen, so wären wieder zunächst unzweckmäßige Formen und unpassende Einrichtungen hergestellt worden. Da aber der Bogen, den die Muskelverkürzung erzeugt, von der Längenabnahme der sich zusammenziehenden Fasern bestimmt wird, so hätten sich die Muskeln um eine der längeren Linie *ad* entsprechende Größe verkürzen müssen, wenn der Schwerpunkt der Last den kleineren Bogen *be* beschreiben sollte. Die Natur wählt daher diese Art von Hebel, wenn die erwähnte Nebenbedingung die Kraftersparung ohne Nachtheil gestattet. Da aber dieses meistens nicht der Fall ist, so vergeudet sie allerdings eine gewisse Größe von Muskelkraft, die ja ohnedies in hinreichendem Maaße zu Gebote steht (§. 1363.), indem sie *be* zum Kraftarm macht. Eine Muskelverkürzung, die nur *be* entspricht, erzeugt dafür den beträchtlicheren Bewegungsbogen *ad*, der natürlich eine ausgedehntere Ortsverrückung möglich macht.

Fig. 272.



§. 1370. Fassen wir Alles zusammen, so sehen wir, daß die Natur eine Masse, die verhältnißmäßig die stärksten Zugkräfte in dem Augenblicke der Verkürzung liefert, in den Muskelfasern hergestellt hat. Es können deshalb die bedeutendsten Kraftgrößen der Vollkommenheit der Einzeleinrichtungen geopfert werden, ohne daß der zweckmäßige Bewegungsapparat zu einem ohnmächtigen Werkzeuge herabsinkt. Vortheil der bedeutenden Kraftgröße der Muskelmasse.

§. 1371. Gesammtbewegungen des Menschen. Wir haben früher gesehen, daß die Nackenmuskeln den Kopf meistentheils aufrecht (§. 1323.) und die Rückenmuskeln den Rücken gestreckt erhalten müssen. Sitzen und Stehen.

(§. 1325.). Das Sitzen, in dem der Beckenteller die unmittelbare stützende Unterlage liefert, kann sich mit dieser Nebenhilfe begnügen. Das Stehen dagegen fodert noch andere Muskelwirkungen. Da die Beine aus einer Reihe gelenkig verbundener Stücke bestehen, so knicken sie, so wie sie belastet werden, von selbst ein. Es müssen sich daher die großen an der Außenseite des Beckens (*k*, Fig. 260, S. 419.) befindlichen Gesäßmuskeln zusammenziehen, um die Drehung im Hüftgelenke, und die Strecker des Unterschenkels (§. 1330.) verkürzen, um die Beugung im Kniegelenke zu verhüten. Kann sich der Unterschenkel (*m*, Fig. 260.) nicht von selbst über dem Fuße (*s*, Fig. 260.) senkrecht erhalten, so sind auch hier Muskelmassen, welche die nöthige Festigkeit zu sichern vermögen, angebracht. Es erklärt sich hieraus, weshalb ein Mensch, dessen Muskeln vor Ermüdung unthätig oder unter regelwidrigen Einflüssen gelähmt worden, zusammenbricht, so wie seine unteren Extremitäten den Rumpf säulenartig stützen sollen. Der Leichnam bietet natürlich ähnliche Erscheinungen dar.

Stehen auf einem Beine.

§. 1372. Die Fläche, welche die beiden Fußplatten begrenzen, liefert die Unterstützungsfläche des stehenden Menschen. Dieser fällt daher erst um, so wie die senkrechte Schwerlinie (§. 1316.) über jenen Bezirk hinausreicht (§. 1318.). Hebt er ein Bein in die Höhe, so verkleinert sich die Unterstützungsfläche um mehr als die Hälfte der Breite, weil sie jetzt nur aus der Fußfläche des einen Gliedes besteht, früher dagegen von den Fußflächen beider unteren Extremitäten und einem kleineren oder größeren, zwischen ihnen übrig bleibenden Raume bestimmt wurde. Soll der Mensch nicht umfallen, so muß er den Oberkörper nach der Seite, auf der sich das stehende Bein befindet, hinüberneigen, damit nicht die schwebende Körperhälfte überwuchtet und das Ganze nach seiner Seite hin umreißt (§. 1320.). Die Verbesserung muß so weit durchgreifen, daß die gemeinschaftliche Schwerlinie die beschränkte von der einen Fußsohle gelieferte Unterstützungsfläche trifft.

§. 1373. Wir können diesen Bedingungen mit Leichtigkeit Genüge leisten. Wir werden sogar bald kennen lernen, daß die Möglichkeit des Gehens und des Laufens auf dieser Verbesserung beruht. Da aber die Unterstützungsfläche ungewöhnlich klein ausfällt und die Muskeln des thätigen Beines, welche dieses gestreckt erhalten, mindestens mit der doppelten Last beschwert sind, so halten wir das Stehen auf einem Beine nur kurze Zeit aus. Die Ermüdung führt zu Schwankungen, welche die Gleichgewichtsverhältnisse im Anfange verbessern, später dagegen das Umsinken begünstigen helfen.

Stehen eines Schenkelamputirten.

§. 1374. Vergleicht man hierbei einen gesunden Menschen mit einem kranken, der nur ein Bein besitzt, so findet man, daß ein zweiter Nachtheil für diesen durchzugreifen vermag. Der Gesunde, der den einen Fuß emporhebt, kann seine untere Extremität so halten, daß der Schwerpunkt des ganzen Körpers nur wenig hinaufrückt. Denken wir uns dagegen, ein Mensch sei in dem oberen Drittheile des Oberschenkels

amputirt worden, so wird der große Massenverlust, der unten Statt fand, den Schwerpunkt beträchtlich nach oben für immer verrücken. Während die wagerechte Schwerebene einer vollständigen Leiche zwischen den Nabel und die Symphyse der Schaambeine fällt, geht sie bis zum Nabel nach der Entfernung eines Beines, und bis zum unteren Ende des Brustbeines (*c*, Fig. 260, S. 419.) nach der Auslösung beider Beine hinauf. Denkt man sich den Menschen aufrecht, so liegt deshalb der Schwerpunkt des Amputirten höher, als der des Gesunden. Da aber ein Körper unter sonst gleichen Verhältnissen leichter umfällt, wenn sein Schwerpunkt von der Unterstützungsfläche weiter entfernt ist, so muß ein Einbeiniger eher, als ein Gesunder, der auf einem Fuße steht, umsinken. Die Schwierigkeiten werden mit der Kürze des Gliedüberrestes zunehmen. Wenn dessenungeachtet einzelne Amputirte verhältnißmäßig lange frei stehen können, so darf man nicht vergessen, daß die Uebung das Auffinden der nöthigen Verbesserungen der Stellungen des Oberkörpers wesentlich erleichtert.

§. 1375. Der Gang des Menschen beruht vor Allem auf der berechneten Wechselrolle beider Beine, indem immer das eine die Körperlast trägt, während sich das zweite fortbewegt. Jenes heißt daher das stützende und dieses das fortschreitende oder das schwingende Glied. Beide Beine übernehmen diese Thätigkeiten abwechselnd, im Laufe eines Doppelschrittes oder eines vollen Schrittes. Gehen.

§. 1376. Stellen wir uns vor, die rechte untere Extremität bilde die säulenartige Stütze, so haben ihre Knochenstücke die Fig. 216 S. 419 in *lms* angegebene Stellung. Die linke dagegen, welche schwingen soll, befindet sich nach weiter hinten. Sie hebt nun den größten Theil ihrer Fußfläche empor oder wickelt, wie man sich ausdrückt, die Fußsohle von dem Boden ab und geht daher ungefähr aus *s*, Fig. 216, in *opqr* über. Sie stemmt sich dann nur mit den Zehen und dem Ballen gegen die Unterstützungsfläche und erhält auf diese Weise eine größere Länge, die zwar vermöge einer gleichzeitigen Biegung im Kniegelenke (über *m*, Fig. 260.) wiederum abnimmt, immer aber hinreicht, die linke Oberkörperhälfte vorwärts zu schieben und der rechten gewissermaßen nachkommen zu lassen. Sollte nun das linke Bein, wie ein im Hüftgelenke aufgehängtes Pendel, vorwärts schwingen, so würde es bei seiner gegebenen Länge an den Boden binnen Kurzem anstoßen. Eine Biegung in dem Hüft- und dem Kniegelenke verkürzt deshalb die einfach geradlinigte Ausdehnung desselben. Hat es dann seine Schwingung vollendet, so streckt es sich, um den Boden zu erreichen, mit der ganzen Fußplatte aufzutreten und die Rolle des stemmenden Gliedes von nun an zu übernehmen. Die Bogenschwingung bedingt aber, daß es dem anderen stemmenden Beine voraneilt. Dieses kann daher jetzt als fortschreitendes Bein eingreifen.

§. 1377. Es ergiebt sich aus den §. 1371 dargestellten Verhältnissen, daß die stützende Extremität säulenartig gestreckt sein muß. Die gerade

Linie, welche Ober- und Unterschenkel bilden (*l* und *m*, Fig. 216, S. 419.), neigt sich nach hinten, so lange noch das fortschreitende Bein nach hinten steht, nach vorn dagegen, wenn dieses vorangeeilt ist. Die senkrechte Stellung kommt in dem Mittelaugenblicke der Schwingung des fortschreitenden Beines zum Vorschein.

§. 1378. Betrachten wir die Art und Weise, wie der Oberkörper im Laufe eines Doppelschrittes getragen wird, so haben wir: 1) Unterstützung durch beide Beine mit allmähligem Vorherrschen des ersten stemmenden Gliedes, 2) Unterstützung durch das erste stemmende Bein allein, während das zweite schwingt, 3) Unterstützung durch beide Extremitäten und 4) Unterstützung durch das zweite stemmende Bein, während das erste fortschreitet. Da aber die gemeinschaftliche Wirkung beider Füße in dem Stehen wiederkehrt, so bilden No. 1 und No. 3 die Momente des Stehens und No. 2 und No. 4 die eigentlichen Gangmomente. Es wird daher der Mensch um so langsamer, je mehr No. 1 und No. 3 vorherrschen, unter sonst gleichen Verhältnissen fortkommen. Werden dagegen die für No. 1 und No. 3 gebrauchten Zeiten so klein, daß sie Null nahe stehen, so erhält man Gangbewegungen, die sich denen des Laufens annähern.

§. 1379. Die Geschwindigkeit des Fortkommens kann nicht bloß durch die Verlängerung der Momente des Stehens, sondern auch noch auf anderen Wegen abnehmen. Wenn z. B. das fortschreitende Bein weiter nach vorn schwingt, als dem nachfolgenden Niedersetzen auf den Boden entspricht, so geht eine gewisse Zeitgröße für den Rückschwung unnütz verloren. Die Marscharten, in denen dieser Nebenumstand eingreift, gehören daher keineswegs zu den zweckmäßigen Gangweisen. Sinkt der Mensch mit jedem Schritte in den weichen Boden ein, so führt die nöthige Hebung des Körpers ebenfalls zu einem Zeitverluste. Hinkende kommen aus ähnlichen Gründen nicht rasch fort. Kleinere oder langsamere Bogenbewegungen des kranken fortschreitenden Beines gesellen sich bisweilen in solchen Kranken hinzu.

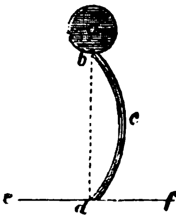
§. 1380. Das Laufen besteht in einer Verbindung von schnellen Gang- und von Sprungbewegungen. Der Körper des gehenden Menschen stützt sich zu jeder Zeit auf einem oder auf beiden Beinen. Die mit dem Laufen verbundenen Sprünge führen zu Zeiträumen, in denen die gesammte Körpermasse in der Luft schwebt. Diese schwankt daher auch in auffallenderem Maaße auf und nieder. Wird das Sprungmoment möglichst verkleinert, so erhält man den von den Gebrüdern Weber sogenannten Eillauf, der eine kürzere Schrittdauer als der Sprunglauf darbietet. Das stemmende Bein verliert hier möglichst wenig Zeit für seine Thätigkeit und bereitet sich schon jetzt für seine Schwingungen vor.

Laufen. §. 1381. Man kann sich das Bein, das der äußere Luftdruck in dem Hüftgelenke festhält (§. 96.), als ein hier aufgehängtes Pendel, dessen Schwingungsdauer von seiner Länge bestimmt wird, vorstellen. W. und Ed. Weber fanden in dieser Hinsicht, daß die Zeit, welche

ein einfacher Schritt bei möglichst schnellem Gehen in Anspruch nimmt, fast genau mit der, welche eine halbe Pendelschwingung des Beines fodert, übereinstimmt. Jene betrug z. B. im Durchschnitt 0,357 und diese 0,353 Secunden. Das langsamere Gehen führt natürlich zu größeren Zeiten. Diese fallen aber auch bei dem Laufen bedeutender und zwar bei dem Sprunglaufe größer, als bei dem Eillaufe nach Weber aus.

§. 1382. Wir wollen uns vorstellen, ein aufgelegtes Gewicht *a*, Fig. 273, oder irgend eine andere Druckkraft habe den auf dem Boden *ef* aufgestellten elastischen Stab, wie es *bcd* zeigt, gekrümmt. Nimmt man *a* hinweg, so muß dann die Spannkraft auf die Theilchen von *bcd* und durch *d* auf den Boden *ef* mit derselben Druckgröße *a*, die früher thätig war, zurückwirken (§. 51.). Da aber der Boden, den wir unverrückbar denken wollen, mit der gleichen Größe, die ihn trifft, entgegenarbeitet, so springt der Stab *bcd* in die Höhe, sobald diese Reactionseinflüsse die Schweremomente desselben überwinden. Er fällt dann später, wie jede andere fortgeschleuderte Masse, in Folge des Verlustes an lebendiger Wurfkraft seiner Schwere wegen wieder herab. Mechanik des Sprunges.

Fig. 273.



§. 1383. Der Sprung beruht auf den gleichen Grunderscheinungen. So sehr auch die hierzu gebrauchten Einzelbewegungen wechseln, so stimmen sie doch darin überein, daß ein kleinerer oder größerer Theil eines oder beider Beine und nicht selten auch des übrigen Körpers gebeugt und dann plötzlich gestreckt wird. Die rasche, kräftige Ausgleichung der Einknickungen übt hier einen ähnlichen Einfluß, wie die elastische Rückwirkung des gekrümmten Stabes *bcd*, Fig. 273, aus. Es ergiebt sich aber aus dem früher Dargestellten von selbst, weshalb man auf einem festen Boden mit Leichtigkeit und auf einem gespannten elastischen Seile noch kräftiger springt. Hat man vorher einen Anlauf genommen, so kann die hierbei erlangte Endgeschwindigkeit den Wurf des unmittelbar nachfolgenden Sprunges unterstützen helfen. Die Arme werden in allen diesen Fällen als Regulationspendel (§. 1326.) häufig benutzt.

§. 1384. Das Kriechen und das Klettern ziehen die oberen Extremitäten für die Gangbewegungen zu Hilfe. Wir haben also hier gewissermaßen eine an die Vierfüßer erinnernde Gebrauchsweise der Gliedmaaßen. Der Kriechende sucht dabei auf einem mehr oder minder wagerechten und der Kletternde auf senkrechtem oder wenigstens steilem Boden fortzukommen. Beide befestigen zuerst die Arme und ziehen dann den übrigen Körper nach. Ist dieses geschehen, so liefern die Beine die Haftwerkzeuge, während der Rest vorwärts geschoben wird. Kriechen und Klettern.

§. 1385. Das Schwimmen beruht auf dem Widerstande, den das kräftig geschlagene und nicht in entsprechendem Maaße ausweichende Wasser liefert. Die Fortbewegung fußt also hier auf ähnlichen Grundverhältnissen, wie bei dem Springen. Die plötzliche Streckung, die der Beugung nachfolgt, die bogenförmige Drehung der Arme nach hinten Schwimmen.

wirken, wie die Ruder, die mit ihrer breiten Oberfläche das Wasser schlagen, damit der Kahn in der ihrer eigenen Bewegung entgegengesetzten Richtung vorwärts kommt. Wie aber ein Ruder am zweckmäßigsten mit seiner Kante zurückgeführt wird, damit es keine gleich starke Gegenbewegung veranlasse, so wiederholt sich etwas Aehnliches für die Arme des Schwimmers, die sich, möglichst schmal und gebogen zusammengelegt, von Neuem nach vorn begeben. Da der Mensch, wenn er selbst tief eingeathmet hat, immer noch specifisch schwerer, als das Wasser zu bleiben pflegt (§. 41.), so muß er durch kleine Schwimmbewegungen nachhelfen, sobald sich der größte Theil seines Körpers unter dem Wasser befindet.

§. 1386. Die meisten Fische unserer süßen Gewässer gebrauchen den Schwanz nach Art eines Steuerruders. Der einseitige Schlag desselben treibt daher das Thier nach der entgegengesetzten Richtung und nach vorn hin. Rasch auf einander folgende Schläge, die abwechselnd nach der einen und der anderen Seite gehen, können auch eine geradlinigtere Vorwärtsbewegung bedingen. Geringe seitliche Schwankungen oder ein Fortschreiten in Zickzackbahnen kommen jedoch dabei nicht selten vor. Die übrigen Flossen unterstützen in der Regel nur die vom Schwanze ausgehenden Bewegungen in untergeordnetem Grade. Die mit Gasen angefüllte Schwimmblase kann die mechanischen Momente des ganzen Fisches und der gegenseitigen Verhältnisse seiner Vorder- und seiner Hintertheile verbessern helfen.

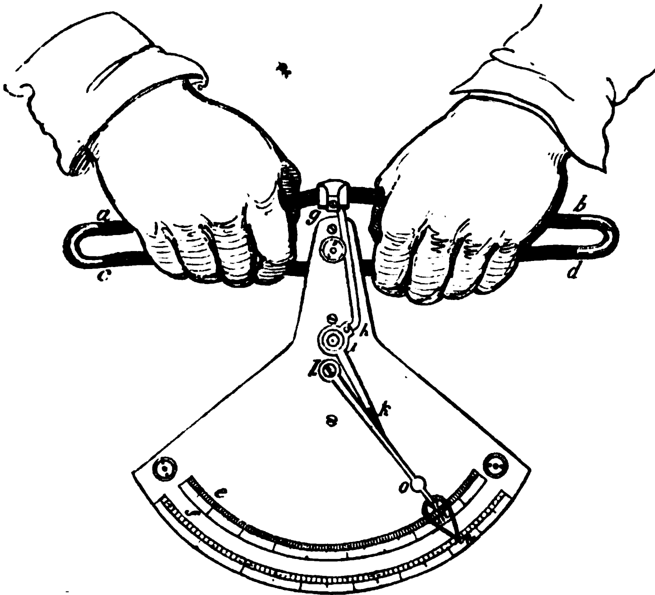
Fliegen. §. 1387. Der Flug besteht im Wesentlichen in einem Schwimmen in dem elastisch flüssigen Mittel der Luft. Viele mit Gasen gefüllte Säcke, die von den Lungen ausgehen, durchziehen den Vogelkörper und dringen selbst in das Innere einzelner Knochen ein. Da diese Theile erwärmte Luft führen, so wird zwar die Eigenschwere des Ganzen verhältnißmäßig mehr verkleinert, als wenn jene Gebilde von tropfbarflüssigen oder festen Massen ersetzt wären. Fehlten aber auch die Luftsäcke der Knochen, so wären die Hohlräume derselben, die kein Fett enthielten, mit Dampf erfüllt. Man sieht hieraus, daß zwar die großen Knochenhöhlen des Vogelskelettes, nicht aber die in vielen von ihnen vorkommenden Luftsäcke den Körper des Thieres wesentlich erleichtern. Der Flug selbst wird auch nicht durch sie, sondern durch den kräftigen Schlag der breiten ausgespannten Flügelflächen und den Widerstand der Atmosphäre vermittelt. Die Luftsäcke und alle ihnen vergleichbaren Gebilde fehlen überdies vielen anderen fliegenden Geschöpfen. Die größeren Säcke können geöffnet werden, ohne daß der Vogel die Fähigkeit des Fluges verliert. So dunkel auch noch die Thätigkeit dieser Werkzeuge ist, so läßt sich doch schon vermuthen, daß ihre Bestimmung mit den Athemverhältnissen unmittelbarer und inniger, als mit dem Fluge zusammenhängt. Prechtl vermuthet, daß ihre Luft nach den Lungen zurücktritt, um die Fortdauer der Athmung unter ungünstigen Nebenverhältnissen, z. B. während der anhaltenden Stimmtöne, des Unter-

tauchens im Wasser oder des Fluges in den verdünnteren Lufträumen höherer Gegenden, sichern zu helfen. Sind sie mit Luft prall gefüllt, so sollen sie nach jenem Forscher feste Stützpunkte für die Wirkung der benachbarten Muskeln darbieten.

§. 1388. Maschinenthätigkeiten des Menschen. Die Arbeit der Muskeln liefert hier eine gewisse Druck- oder Zugkraft, die auf fremde Massen oder die eigenen Körpertheile einwirken kann. Man hat technischer Zwecke wegen häufig versucht, gewisse Mittelwerthe der Kräfte des Menschen und der Thiere zu bestimmen und manche auf die Praxis anwendbare Regeln mit Hilfe der mathematischen Analyse aufzufinden. Druck- und Zugkräfte.

§. 1389. Das Regnier'sche Dynamometer, das man zur Bestimmung der möglichen Druckgröße der Menschenhände oder der Zugkräfte der Lastthiere oft gebraucht, besteht aus der Fig. 274 abgebilde- Dynamometer.

Fig. 274.



ten Federwage. Das vordere Deckblatt ist in der Zeichnung absichtlich hinweggelassen, damit man die Einrichtung des Ganzen desto leichter übersieht. Drücken die beiden Hände die elastischen Federblätter *ac* und *bd* zusammen, so schiebt der Winkelhebel *ghik* den Zeiger *lm* um eine entsprechende Bogengröße, die an der Skale *e* angegeben wird, fort. Ist nun an dieser unmittelbar verzeichnet, wie viele Gewichtseinheiten Druck auf jede Gradnummer kommen, so kann man den gesuchten Werth unmittelbar ablesen.

§. 1390. Die Unzuverlässigkeit der meisten Federwagen, die Abhängigkeit des Ausschlages von der Geschicklichkeit des Angriffes, der

Zweckmäßigkeit der Muskelbewegungen und der Schnelligkeit der Stöße bedingen es, daß diese Versuche nur sehr ungefähre Werthe, die bedeutenden Schwankungen oft genug unterworfen sind, liefern. Sie lassen überdies natürlicher Weise nur das Maximum einer augenblicklichen Anstrengung erkennen.

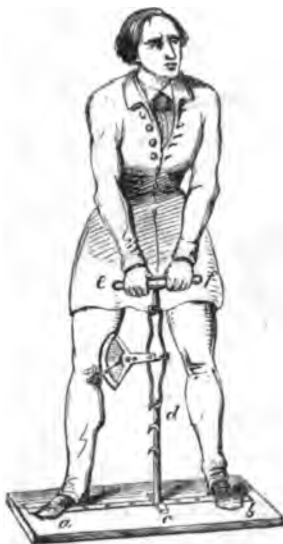
Druckkraft der Hände.

§. 1391. Hält man sich an die von Quetelet gefundenen Größen, so kann ein erwachsener Mann durchschnittlich ungefähr 30 bis 45 Kilogr. Druck mit seiner rechten, 26 bis 41 Kilogr. mit seiner linken Hand und 56 bis 89 Kilogr. mit beiden Händen ausüben. Die Frau giebt in dieser Hinsicht nur 22 bis 25 Kilogr., 19 bis 22 Kilogr. und 45 bis 50 Kilogr.

Zugkraft des Menschen.

§. 1392. Will man die Zugkräfte des Menschen, in welchen die Streckung des Rumpfes eine große Bedeutung hat, bestimmen, so wählt man die Fig. 275 dargestellte Einrichtung. Der Mensch tritt auf eine befestigte Eisenplatte *abc*, von der ein mit Haken versehener Stab ausgeht. Ein Haken nimmt den Bogentheil *ac*, Fig. 274, des Kraftmessers auf. Der zweite Bogenabschnitt *bd*, Fig. 274, hängt in dem Zughaken *ef*, Fig. 275. Die Wirkung kommt also hier in der Richtung *ab*, Fig. 274, zu Stande. Der Zeiger *ln* giebt die entsprechende Kraftgröße an der zweiten Skale *f* an. Will man den Zug eines Pferdes kennen lernen, so schaltet man den Kraftmesser zwischen dem Anzugsseile und dem Wagen in ähnlicher Weise ein.

Fig. 275.



§. 1393. Der erwachsene Mann giebt in dieser Hinsicht nach Quetelet 93 bis 155 Kilogr. und die Frau 59 bis 77 Kilogr. als Mittelwerthe. Forbes erhielt beträchtlich höhere Zahlen für kräftige Männer der verschiedenen Ländergebiete von Großbrittannien. Engländer von 20 bis 25 Jahren lieferten 166 bis 174 Kilogr., Schotten 169 bis 183 und Irländer 180 bis 187 Kilogr.

§. 1394. Kräftige Turner hoben hier in Bern 165 Kilogr. ungefähr 0,6 Meter hoch mit beiden Händen empor.

Nutzwirkung der Arbeit des Menschen.

§. 1395. Ein Mensch, der unbelastet einhergeht, erzeugt schon eine gewisse Arbeitsgröße, weil er seine eigene Körperlast mit einer bestimmten mittleren Geschwindigkeit eine Strecke weit forträgt. Nehmen wir an, er wiege 60 Kilogr. und mache in der Minute 125 Schritt von 0,8 Meter Länge, so beträgt seine Secundengeschwindigkeit $125 \times 0{,}8 : 60 = 1{,}67$ Meter. Er macht also in der Stunde 6000 Meter oder ungefähr $\frac{4}{5}$ deutsche Meilen. Kann er diese Bewegung 8 Stunden im Tage

fortsetzen, so haben wir eine tägliche Leistung von 60 × 6000 × 8 : 1000 = 2880 Kilogr.-Kilometer. Die französischen Ingenieurs schlagen die gewöhnliche Leistung auf 3510 solcher dynamischen Einheiten unter jenen Verhältnissen an.

§. 1396. Muß der Mensch eine Last tragen, so verzehrt die Beschwerung und die hierdurch bedingte Ermüdung einen Theil der Geschwindigkeit und der Nutzwirkung. Ein Mann z. B., der 40 Kilogr. auf dem Rücken hat, liefert nach Morin nur eine Secundengeschwindigkeit von 0,75 Meter. Arbeitet er täglich 7 Stunden, so hat man eine Leistung von 756 Kilogr.-Kilometer für die fortgeschaffte Last und (60 + 40) × 0,75 × 3600 × 7 : 1000 = 1890 jener dynamischen Einheiten für 60 Kilogr. Körpergewicht, wenn die Beschwerung während der ganzen Dauer der Fortbewegung getragen wird. Man erhält daher nur ungefähr die Hälfte der Leistung des unbelasteten Arbeiters. Diese wird auch bei dem Berg- oder dem Treppensteigen unter sonst gleichen Umständen geringer, als auf ebenem Wege ausfallen.

§. 1397. Die möglichste Anstrengung kann außerordentliche Ergebnisse für kurze Zeiten liefern. Während der gewöhnliche Militärschritt etwas weniger als 1 Meter Secundengeschwindigkeit darbietet, können es ausgezeichnete Schnellläufer auf 4½ bis 9 Meter, mithin auf eben so große oder noch bedeutendere Werthe, als die Cavallerie im Trab oder Galop bringen. West, der den eben erwähnten Maximalwerth lieferte, setzte aber seinen Lauf keine Minute lang mit dieser Geschwindigkeit fort. Eben so vermag ein starker Mensch eine Last von 150 bis 200 Kilogr. nur wenig und für kurze Zeit emporzuheben. Die nachfolgende Ermüdung, welche die öftere Wiederholung unmöglich macht, hindert daher, daß größere, auf beträchtlichere Zeiträume ausgedehnte Nutzwirkungen zu Stande kommen. Maximalleistung für kurze Zeiträume.

§. 1398. Man hat sich in der Technik häufig bemüht, die durchschnittlichen Leistungen der verschiedenen Arbeitsarten in dynamischen Einheiten anzugeben. Man unterscheidet dabei zwei Hauptgruppen, die eine, in der die Leistung in der horizontalen Fortbewegung, und die zweite, in welcher sie in dem Emporheben besteht. Ein Arbeiter, der 65 Kilogr. eine Strecke weit auf dem Rücken trägt und leer zurückkommt, bietet z. B. 702 Kilogr.-Kilometer wagerechter Nutzwirkung für 6 Stunden täglicher Arbeitszeit; ein Mann dagegen, der 18 Kilogr. an einer Rolle emporzieht und den Strick wieder herabläßt, 77,8 Kilogr.-Kilometer Höheneffect für die gleiche tägliche Arbeitsdauer dar. Die bedeutenden Abweichungen der Angaben der verschiedenen Ingenieurs deuten schon darauf hin, daß die Zahlenwerthe, von denen man hier ausgeht, vielen Schwankungen an und für sich unterworfen und in manchen Fällen sogar aus unrichtigen Voraussetzungen hergeleitet sind. Dynamische Einheit der verschiedenen Arbeitsarten.

§. 1399. Dasselbe gilt von den Formeln, nach denen man die Kraftgrößen der Arbeiter in Einzelfällen zu bestimmen sucht. Man gebraucht z. B. in dieser Hinsicht die Gerstner'sche Regel am Häufigsten. Formeln für die Kraftgrößen der Arbeiter.

Man zieht den Quotienten der in einem gegebenen Falle vorhandenen Geschwindigkeit und der mittleren Geschwindigkeit von 2 ab, verfährt eben so mit dem Quotienten der beiderseitigen Werthe der Arbeitszeit und multiplicirt das Product dieser zwei Größen mit der mittleren Kraft, um den für den Einzelfall gültigen Kraftausdruck zu erhalten. Diese Vorschrift setzt voraus, daß die Belastungen und die Geschwindigkeit in umgekehrtem Verhältnisse für die mittleren Leistungen steigen und fallen. Man kann aber die Richtigkeit eines solchen Theorems vom physiologischen Standpunkte in Zweifel ziehen (§. 1364.).

Stimmbildung.

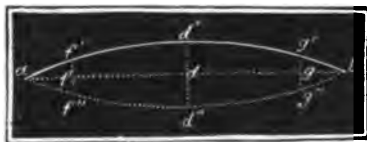
Erzeugung des Schalles.

§. 1400. Die Schwingungen (§. 157.) der wägbaren Stoffe, welche einen gewissen Minimalwerth der Stärke überschreiten und sich bis zu dem Ohre fortpflanzen, rufen entsprechende Schallempfindungen hervor. Eine einmalige kräftige Erschütterung führt zu einem Knalle, die unregelmäßige Wiederholung der Stöße zu einem Geräusche, die rhythmische Wiederkehr dagegen zu einer musikalischen Tonbildung.

Beugungs- und Molecularwellen.

§. 1401. Wir können zweierlei Arten von Schallwellen, Beugungs- oder Molecularwellen, antreffen. Wir wollen uns denken, *ab*, Fig. 276, sei eine an beiden Enden befestigte Saite, deren Gleichgewichtslage in *afdgb* fällt. Faßt man sie in *d* an, zieht sie nach *d'* und überläßt sie dann den Wirkungen ihrer Spannkraft, so schwingt sie zurück nach *adb*. Die erlangte Geschwindigkeit treibt sie dann nach der entgegengesetzten Seite bis *d''*. Sie geht hierauf wieder zurück und wiederholt diese Beugungswellen mit immer kleineren Excursionen, Amplituden oder Schwingungsweiten *d'd''*, weil die Mittheilung der Stöße an benachbarte Körper immer mehr lebendige Kraft aufzehrt. Ist diese gänzlich verloren gegangen, so ruht die Saite in der Gleichgewichtslage *afdgb*. Die Tonbildung verliert sich aber mit dem Mangel der kräftigen und hinreichend schnellen Bewegungen.

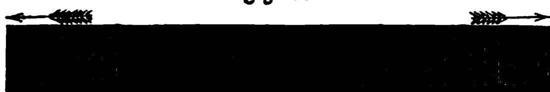
Fig. 276.



§. 1402. Die Compressionselasticität der Luft (§. 67.) führt häufig genug zu Molecularwellen, in denen sich die einzelnen Bezirke der Atmosphäre abwechselnd verdünnen und verdichten. Wenn man z. B. eine an beiden Enden offene Röhre anbläst, so verdichtet sich in einem gewissen Augenblicke das in der Mitte befindliche Gas, während sich das

der beiden Endtheile verdünnt, wie es Fig. 277 andeutet. Man hat

Fig. 277.



später das Umgekehrte, d. h. die größte Verdünnung in der Mitte und die Verdichtung an den Enden, wie es Fig. 278 darstellt.

Fig. 278.



§. 1403. Die Tonhöhe hängt von der Zahl der Schwingungen, die auf eine Zeiteinheit, z. B. eine Secunde kommen, ab. Wenn man aber wiederum die Menge von Schwingungen, die dem Grundtone entsprechen, als Einheit betrachtet, so erhält man für die einzelnen ganzen Octaventöne: Höhe, Stärke und Klang der Töne.

c.	*d.*	*e.*	*f.*	*g.*	*a.*	*h.*	*c.*
ut	re	mi	fa	sol	la	si	ut_2
1	$^9/_8$	$^5/_4$	$^4/_3$	$^3/_2$	$^5/_3$	$^{15}/_8$	2.

Die nächst höhere Octave hat mithin doppelt so viel, die Terz *e* $1^1/_4$ und die Quinte *g* $1^1/_2$ Mal so viel Schwingungen, als der Grundton. Die Schwingungsweite (§. 1401.) bestimmt die Stärke der Tönung. Die Ursachen des Klanges, der mit der Molecularbeschaffenheit der schwingenden Massen zusammenhängt, sind noch nicht erforscht.

§. 1404. Die Tonbildung der Saiteninstrumente beruht auf den Schwingungen angezogener elastischer Fadenkörper und die der Pfeifen auf den Erschütterungen der eingeschlossenen Luftsäule. Die Spannungsgrößen und die verhältnißmäßigen Längen der wirksamen Massen bestimmen die Tonhöhen beider Arten von Musikinstrumenten in wesentlicher Weise. Eine Zunge besteht aus einem theilweise befestigten Blatte, dessen freien Abschnitt ein äußerer Anstoß zum Schwingen bringt. Die Metallplatte *ll*, Fig. 279, welche die Oeffnung *abcd* größtentheils verdeckt, nähert und entfernt sich zu wiederholten Malen von *abcd*, so wie man einen Luftstrom durchzutreiben sucht. Spannen wir zwei Stücke Kautschuck oder zwei elastische thierische Häute über dem Ausgange einer Röhre, so daß eine schmale Spalte zwischen diesen beiden Zungen übrig bleibt (Fig. 280), so tönen sie, so wie man in das Befestigungsrohr hineinbläst. Hat man eine zweite Röhre, ein Ansatz- oder Corpusrohr über der Zunge angebracht, so kann die Luftsäule desselben Verschiedenheit der Musikinstrumente.

Fig. 279.

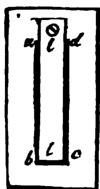


Fig. 280.



die Ergebnisse wesentlich ändern. Die Orgelpfeifen liefern die anschaulichsten Beispiele für diese Art von Tönungswerkzeugen.

Theile des menschlichen Kehlkopfes. §. 1405. Das Stimmorgan des Menschen und der höheren Thiere kann am Ehesten mit einem Zungenwerke verglichen werden. Die Hauptmasse des Kehlkopfes, den Fig. 281 von vorn und Fig. 282 von

Fig. 281. Fig. 282. Fig. 283.



der Seite darstellt, bilden der Ringknorpel *a* und der Schildknorpel *b*, Fig. 281 bis 283. Sie liefern die Grundlage des größeren Theiles der Wände des Stimmkastens, in welchem die Zungen selbst angebracht sind. Betrachtet man den Kehlkopf von oben, wie es Fig. 283 darstellt und schlägt den Kehldeckel, der mit *d* in allen drei Figuren bezeichnet ist, zurück, so sieht man hinten die beiden über dem Ringknorpel *a*, Fig. 283, liegenden Gießbeckenknorpel *cc*. Man bemerkt ferner die zwei Hauptzungen, die unteren Stimmbänder oder die Stimmbänder überhaupt, *ee*, die sich von dem Schildknorpel *b* nach den Gießbeckenknorpeln hinziehen und eine Spalte, die Stimmritze oder die Glottis, zwischen sich übrig lassen. Diese führt einerseits in die unter dem Kehlkopfe liegende Luftröhre und anderseits in den Kehlkopfraum, der mit der Rachenhöhle (*g*, Fig. 78, S. 132.) und von da aus mit der Mundhöhle (zwischen *c* und *d*, Fig. 78.) und durch die Choanen (*f*, Fig. 78.) mit der Nasenhöhle (*a*, Fig. 78.) in Verbindung steht. Zwei Falten, die oberen Stimmbänder oder die Taschenbänder *ff*, Fig. 283, die weiter aus einander stehen, ziehen sich oberhalb der eigentlichen Stimmbänder *ee* hin. Die nach innen von ihnen in der Zeichnung angegebenen Vertiefungen heißen die Morgagni'schen Taschen. Der zweite Name, den wir oben für *ff* angeführt haben, erklärt sich aus dieser Nachbarschaft.

Innere Muskeln des Kehlkopfes. §. 1406. Wie der Musiker sein Saiteninstrument stimmt, indem er die schwingenden Saiten stärker oder schwächer anspannt, so wiederholt sich etwas Aehnliches für die Zungen des menschlichen Kehlkopfes. Die Natur hat hier eine Reihe kleinerer Muskeln, deren Verkürzung

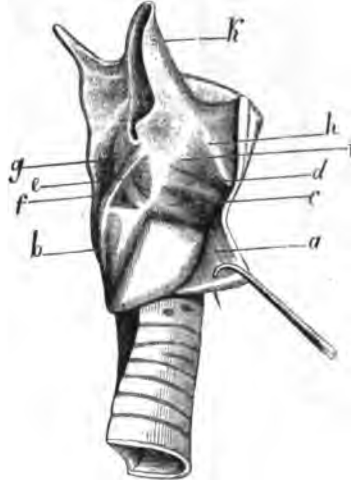
die Stimmbänder anziehen oder erschlaffen kann, hergestellt. Manche von ihnen ändern zugleich die Weite der Stimmritze. Wir werden bald sehen, daß diese Einrichtung die Möglichkeit des Gesanges und der Sprache und die willkührliche Erhöhung oder Vertiefung der Töne bedingt. Der Mensch hat es auf diese Art in seiner Gewalt, sein Instrument ohne Weiteres beliebig stimmen zu können.

§. 1407. Fig. 284 und 285 stellt diese kleineren Kehlkopfmuskeln

Fig. 284.



Fig. 285.



in natürlicher Größe dar. Die Ring-Schildknorpelmuskeln (Cricothyreoidei [*b*, Fig. 284, und *a*, Fig. 285.]) und die hinteren Ring-Gießbeckenmuskeln (Cricoarytaenoidei postici [*b*, Fig. 285.]) spannen die Stimmbänder (*e*, Fig. 283.) der Länge nach an. Die Stimmritze verengert sich dann gleichzeitig. Die seitlichen Ring-Gießbeckenmuskeln (Cricoarytaenoidei laterales [*c*, Fig. 285.]) und die Schild-Gießbeckenmuskeln (Thyreoarytaenoidei [*d*, Fig. 285.]) erschlaffen eher die Stimmbänder. Die schiefen und der quere Gießkannenmuskel (Arytaenoidei obliqui und transversus [*e* und *fg*, Fig. 285.]) schließen die hintere Hälfte der Stimmritze. Man nennt sie die Athmungsglottis, weil dieser Theil der Lücke während des gewöhnlichen Athmens offen bleibt, während der Stimmbildung dagegen durch die gegenseitige Annäherung der Stimmbänder aufgehoben wird. Man hat daher dann nur eine vordere enge Spalte, die man mit dem Namen der Stimmspalte oder der Stimmglottis bezeichnet. *k*, Fig. 285, ist der Kehldeckel, den feinere bei *h* und *i* angebrachte Muskelbündel über die Stimmritze herüberklappen können (§. 374.).

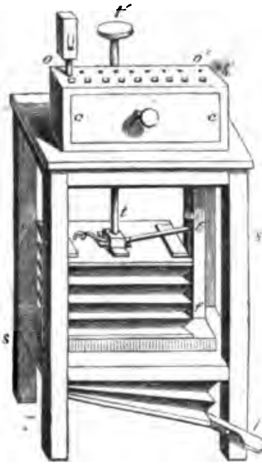
§. 1408. Der Vergleich mit einer Orgelpfeife kann uns am Besten die Wirkungsweise des Stimmorganes und die Ursache, weshalb es an dem obern Abschnitte der L··röhre eingefügt ist, klar machen. Den- Wirkungsweise des gesammten Stimmorganes.

ken wir *t'*, Fig. 286, sei das Windrohr, in welches die Luft von unten her eingetrieben wird, *b* der Stopfen, in dem sich das Zungenwerk *a* befindet und *t* das Corpusrohr, so setzt man eine solche Pfeife *o*, Fig. 287, in den Windkasten *cc*, Fig. 287, und treibt in diesen Luft von dem Blasebalge *ffp* durch *t* ein. Die Luft versetzt dann das Zungenwerk *a*, Fig. 286, in Schwingungen und tritt hierauf in Wellenbewegungen zum Corpusrohre heraus. Man sieht leicht, daß etwas Aehnliches in dem Stimmorgane wiederkehrt. Die Lungen, deren Luft in der Luftröhre emporgeleitet wird, liefern den Blasebalg, der Kehlkopf den Stimmkasten, in welchem sich das Zungenwerk der Stimmbänder befindet, und die Gebilde der Rachen-, der Mund- und der Nasenhöhle die vielgestaltigen Corpusröhren, die sich über dem Zungenwerke ausbreiten. Da diese Theile ohnedies schon der Nahrungseinnahme, der Athmung und einzelner Sinnesthätigkeiten wegen vorhanden sein mußten, so brauchte die Natur nur noch den Stimmkasten an einem passenden Orte zwischen dem Blasebalge und den Corpusstücken einzuschalten, um das musikalische Instrument ohne weitere Neugebilde herzustellen.

Fig. 286.



Fig. 287.



Künstliche Stimmerzeugung in dem Leichname.

§. 1409. Manche Wirkungsarten der Stimmorgane lassen sich noch aus dem todten Kehlkopfe nachweisen. Man kann zu diesem Zwecke den präparirten Kopf einer Leiche, wie es Fig. 288 nach Müller zeigt, befestigen oder den Kehlkopf allein ausschneiden. Eine passend angebrachte Schnur *e*, die zu einer Wagschaale über einer Rolle führt, wirkt so auf den Kehlkopf *cd*, daß die Stimmbänder stärker angespannt werden, wenn man mehr Gewichte auf die Wagschaale legt. Man sucht daher auf diese Weise die Thätigkeit der Muskeln nachzuahmen (§. 1406.). Ein eigenes in der Abbildung sichtbares Compressorium soll die Stimmbänder wechselseitig annähern und die Stimm-

Fig. 288.



ritze in dem nöthigen Maaße verkleinern. Das Anspruchsrohr *f* dient zur Einleitung des Windes, der das Zungenwerk in Thätigkeit versetzt. Bedient man sich hierbei der Kehlköpfe der entsprechenden Thiere, so kann man die Stimme des Menschen, das Bellen des Hundes, das Grunzen des Schweines u. dgl. nachahmen.

Verengerung der Stimmritze bei der Tonbildung.

§. 1410. Ist die Stimmritze zu weit offen, so erhält man ein mehr oder minder lautloses Geräusch und keinen reinen Ton. Dieser fodert vielmehr eine gewisse Schmalheit der Glottis. Es erklärt sich hieraus, weshalb sich die Athmungsspalte während des Gesanges und der wohlklingenden Rede schließt und die Stimmglottis enger wird (§. 1407.).

Einfluß der Spannung der Stimmbänder.

§. 1411. Wachsen die Gewichte, welche die Stimmbänder in der Fig. 288 abgebildeten Vorrichtung spannen sollen, so erhöhen sich die Töne unter sonst gleichen Verhältnissen. Die künstliche Erschlaffung derselben führt zu tieferen Tonbildungen. Man kann auf diese Art ein Register von ungefähr drei Octaven erzeugen. Sind auch alle Theile, die über den Stimmbändern (*ee*, Fig. 283.) liegen, entfernt worden, so bleiben doch jene Tonschwankungen immer noch möglich.

Einfluß der Windstärke.

§. 1412. Die Stärke des von *f*, Fig. 288, aus eingetriebenen Windes hat zweierlei Wirkungen. Sie macht den Ton kräftiger. Der Uebergang aus dem Piano durch das Crescendo in das Forte hängt daher von ihr ab. Sie kann aber auch die Spannung der Stimmbänder theilweise ersetzen. Waren diese mit keinem Zuggewichte belastet, so erhielt z. B. Joh. Müller fis bei 5 Centimeter Wasserdruck (§. 87.) und dis bei einer sechs Mal so großen Spannung der eingetriebenen Luftmassen. Eine stärkere, innerhalb gewisser Grenzen gehaltene Spannung der Stimmbänder hat umgekehrt eine geringere Windstärke für dieselbe Tonhöhe nöthig. Man nennt diese Erscheinungen die Compensation der Stimmwerkzeuge.

§. 1413. Die Lungen, die den Wind zu dem Zungenwerke der Stimmbänder in dem lebenden Geschöpfe emportreiben, werden die Tonhöhe in Einzelfällen in ähnlicher Weise bestimmen helfen. Es hängt aber nicht von ihnen, sondern von den Stimmbändern ursprünglich ab, ob wir hohe oder tiefe Töne hervorbringen. Der Klang bietet andere Verhältnisse dar. Die Schwingungen der elastischen Wände der Luftröhre, der Luftröhrenverzweigungen, der übrigen Massen der Athmungswerkzeuge und des Brustkastens können einen wesentlichen Einfluß auf diese Eigenschaft der Tonbildung ausüben.

Ausathmungstöne.

§. 1414. Die gewöhnlichen Stimmtöne werden im Augenblicke der Ausathmung hervorgebracht. Der Luftstrom erschüttert daher zuerst das Zungenwerk von unten her (von *k* nach *l*, Fig. 78, S. 132.). Er kommt dabei immer mit erhöhtem Drucke an. Hatte Cagniard-Latour ein Manometer (§. 86.) in die Luftröhrenfistel eines Menschen eingefügt, so lieferten mittelstarke Stimmtöne eine Spannung von 1 Centimeter Quecksilber (vergl. §. 760.). Kräftigere Laute führen natürlich zu noch größeren Werthen (§. 761.).

Einathmungstöne. §. 1415. Das Ausathmen bildet kein nothwendiges Bedingungsglied der Stimmerzeugung. Es kommt bei dem Lachen, dem Weinen, dem Gähnen und vorzüglich dem Schluchzen (§. 755.) vor, daß laute Töne das Einathmen begleiten. Wir können das Gleiche in jedem Augenblicke künstlich wiederholen.

Stimmbänder. §. 1416. Die an dem todten Kehlkopfe gemachten Erfahrungen führen zu dem Schlusse, daß das Gesammtregister der Menschenstimme schon von den unteren Stimmbändern allein erzeugt zu werden vermag. Hat man alle Theile des Kehlkopfes bis auf die Taschenbänder und deren Nachbargebilde entfernt und jene wechselseitig genähert, so daß nur eine schmale Spalte zwischen ihnen übrig bleibt, so können sie gleich anderen Zungen ebenfalls tönen. Da sie aber im lebenden Menschen weiter aus einander stehen und über den unteren Stimmbändern liegen, so darf man mit Recht bezweifeln, ob sie hier je einzelne Töne selbstständig hervorbringen und die Tonhöhe in irgend einem Falle ausschließlich bestimmen. Segond [41]) suchte noch in neuerer Zeit nachzuweisen, daß die Fistelstimme von den Taschenbändern und die Bruststimme von den unteren Stimmbändern vorzüglich in einzelnen Säugethieren abhängt. Katzen, deren untere Stimmbänder durchschnitten worden, hatten zwar ihre Stimme im Anfange gänzlich verloren, sie konnten aber nach 8 Tagen wiederum miauzen. Die Verletzung der Taschenbänder dagegen unterdrückte diese Tonweise für alle Zeiten. Hunde gaben hohe oder tiefe Schmerzenslaute von sich, je nachdem man ihre unteren oder ihre oberen Stimmbänder unthätig gemacht hatte. Die Zerstörung beider Zungenarten führte zu anhaltender Stimmlosigkeit. Die Thatsache, daß die Katzen, deren untere Stimmbänder unbrauchbar geworden, die Fisteltöne nicht sogleich erzeugten, dürfte manches Bedenken gegen jene Theorie der getheilten Wirkung der beiden Arten von Stimmbändern mit Recht begründen.

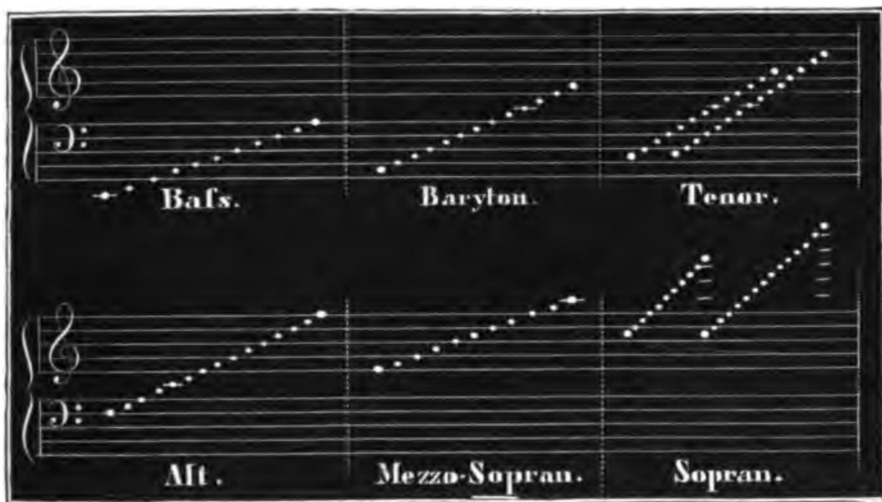
Kehlkopfstaschen und Kehldeckel. §. 1417. Man kann bis jetzt nicht angeben, wie die Taschenbänder auf den Klang der Stimme wirken und ob die Taschen selbst, welche die Stimmbänder freier machen und deren Schwingungen erleichtern, eine wesentliche Rolle in jener Beziehung ebenfalls übernehmen. Mayer und Noeggerath geben an, daß sich der Kehldeckel des Menschen bei den höchsten Lauten wagerecht legt und an den Seitenwänden einrollt. Magendie und Biot glauben, daß er es möglich macht, daß wir den Ton, ohne ihn zu erhöhen, schwellen lassen. Er müßte sich in diesem Falle wie der Grenié'sche elastische Deckel verhalten, den man bisweilen über den Zungen der Orgelpfeifen anbringt.

Mund- und Nasenhöhle. §. 1418. Die Mund- und die Nasenhöhle bilden gleichsam ein doppeltgespaltenes Ansatzrohr, das die Eigenthümlichkeiten des Klanges bestimmen hilft. Vergleicht man die Töne, welche der Fig. 288 abgebildete Apparat erzeugt, mit denen, die der Kehlkopf allein giebt, so wird man die Richtigkeit jenes Satzes sogleich bestätigt finden. Die Unterschiede der gewöhnlichen und der näselnden Stimme erklären sich

auch aus dem mannigfachen Gebrauche, den man von den beiden Corpusstücken machen kann.

§. 1419. Der Stimmkasten oder der Kehlkopf geht häufig bei tieferen Tönen hinab und bei höheren hinauf. Es kann aber auch das Umgekehrte ausnahmsweise vorkommen. Es ereignet sich endlich sehr häufig, daß jede irgend beträchtliche Ortsveränderung des Kehlkopfes mangelt. Segond nimmt nach dem Vorgange von Dutrochet an, daß der untere Schlundkopfschnürer (i Fig. 81, S. 135.) die Spannung der Stimmbänder vergrößert, wenn der Kehlkopf bei der Erzeugung der höheren Töne emporsteigt. Ortsveränderungen des Kehlkopfes.

§. 1420. Der Baß, der Baryton, der Tenor, der Alt und der Sopran unterscheiden sich nicht bloß durch die Höhen, sondern auch durch den Klang der Töne. Wir können uns die entsprechenden Tonhöhen am Besten versinnlichen, wenn wir die gewöhnlichen Umfangsgrößen, die man jeder der genannten Stimmarten zuzuschreiben pflegt, zusammenstellen. Man erhält dann: Verschiedene Arten der Gesangstimmen.



E a	A $\bar{f}$	c $\bar{a}$	f $\bar{\bar{f}}$	$\bar{c}$ $\bar{\bar{c}}$
Baß.	Baryton.	Tenor.	Alt.	Sopran.

Die fehlenden Zwischentöne bilden Uebergangsstufen, die man der einen oder der anderen Tonart nach Maaßgabe des Klanges und der Stärke zutheilt. Man sieht zugleich, daß die Tonhöhen der Grenzbezirke zum Theil in mehreren Stimmarten gegeben werden können. Das oben erwähnte tiefste E entspricht 165 und das höchste $\bar{\bar{c}}$ 2112 Schwingungen in der Secunde (§. 1403.).

§. 1421. Eine gewöhnliche gute Gesangstimme pflegt ungefähr $2\frac{1}{2}$ Octaven zu umfassen. Ausgezeichnete Sängerinnen können aber noch eine Octave mehr hervorbringen. Umfang der Stimme.

Wechsel der Stimme in den verschiedenen Lebensaltern.

§. 1422. Kinder und Frauen bewegen sich meistentheils in höheren Stimmweisen, in Diskant, Sopran oder Alt, erwachsene Männer dagegen in tieferen, in Tenor, Baryton oder Baß. Die Pubertätszeit, d. h. derjenige Lebensabschnitt, in dem der Knabe zum Jüngling und das Mädchen zur Jungfrau heranreift, übt einen wesentlichen Einfluß auf die Stimmverhältnisse aus. Die Stimme, die sich früher in höheren Tönen bewegte, bricht sich um diese Zeit. Sie wird während der rascheren Entwickelung des Kehlkopfes unrein. Sie geht später in klangvollere, kräftigere und tiefere Tonweisen über. Wird der regelrechte Ausbildungsgang gestört, so stößt man später auf krankhafte Stimmverhältnisse. Männer, deren Geschlechtsentwickelung gehemmt geblieben, behalten deshalb eine feinere Stimme zurück. Die Töne der Castraten rühren hiervon her. Frauen von mannähnlichem Körperbau, sogenannte Mannweiber, können umgekehrt eine tiefe und kräftige Barytonstimme darbieten. Das höhere Alter, in welchem die Theile an Elasticität zu viel verlieren, raubt auch die klangvolle Gesangstimme.

Mechanik der verschiedenen Stimmarten.

§. 1423. Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, eine Theorie, welche die verschiedenen Gesangsweisen der Brust-, der Fistel-, der Kopfstimme, der hellen und der verhüllten Stimme erklärte, aufzustellen. Man kann aber mit vieler Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die ursprünglichen Durchmesser- und die willkührlichen Spannungsverhältnisse die Abweichungen der Brust- und der Fistelstimme wesentlich bedingen helfen. Die Innenränder der Stimmbänder schwingen vermuthlich allein in den höheren Tönen der Kopfstimme.

Schreien, Pfeifen und Zischen.

§. 1424. Der stärkere Wind, der bei dem Schreien eingreift, wird schon die Töne zu erhöhen suchen (§. 1412.). Das Pfeifen und das Zischen beruhen auf dem erschwerten Durchgange der stoßweise durch enge Spalten getriebenen Luftmassen.

Sprachlaute.

§. 1425. Die Stimmritze und die einzelnen, zum Theil beweglichen Stücke des doppelten Ansatzrohres, der Mund- und der Nasenhöhle, erzeugen die verschiedenen Sprachlaute (§. 1427.). Alle diese Gebilde kehren aber in den höheren Thieren eben so gut, als in dem Menschen wieder. Wenn jene Geschöpfe dessenungeachtet nicht reden, so hängt dieses keineswegs von untergeordneten Eigenthümlichkeiten der beweglichen Abtheilungen der Sprachwerkzeuge ausschließlich oder selbst nur zum größten Theile ab. Der Hauptgrund liegt vielmehr in der geringeren Entwickelung des Nervensystems. Der Geist des Menschen verräth nicht bloß seine Gedanken in den conventionellen Sprachlauten. Er und die mit ihm verknüpften Einrichtungen der Nervenmassen führen vielmehr auch erst zu der genügenden materiellen Ausdrucksweise des Empfundenen. Die mangelhafte Sprache der Cretins und der übrigen Blödsinnigen oder der Kranken, die schlagflüssig geworden, hängt mit diesen Verhältnissen innig zusammen.

Sprachmaschinen.

§. 1426. Man hat bis jetzt nur auf dem Erfahrungswege festzustellen gesucht, wie die einzelnen Sprachlaute hervorgebracht werden [42].

Ausgezeichnete Geduld brachte es dahin, Sprachmaschinen, die alle Anerkennung verdienen, herzustellen. Der Automat, den Faber in neuerer Zeit angefertigt und in den meisten europäischen Ländern und in Nordamerika gezeigt hat, kann als das Vollendetste, das man auf diesem Gebiete geliefert, angesehen werden. Läßt man den unnatürlichen und nicht angenehmen Klang bei Seite, so redet die Figur, wenn die entsprechenden Tasten abgespielt werden, rasch und deutlich in den verschiedensten Sprachen. Sie umfaßt 12 Gesangstöne (Re bis La), die unter der Begleitung einer kleinen Hausorgel recht gut klingen.

Die Verschiedenheit der Tonhöhen wird hier durch den Breitenwechsel der Stimmritze und nicht durch die verschiedene Anspannung der Stimmbänder erzeugt. Dieses beruht auf der früher allgemein gültigen und jetzt verlassenen Annahme, daß der Zustand der Glottis allein über die Höhe der Töne im Leben entscheide.

§. 1427. Die Vocale sind die einzigen Laute, deren Entstehung man bis jetzt acustisch verfolgen konnte. Jede rasche Wiederholung der Stöße führt zu der Empfindung eines Selbstlauters. Wenn eine Saite, die in tiefen Tönen brummt, u, und eine zweite, die in hohen klingt, i erzeugt, so hängt hier die Verschiedenheit der Eindrücke von den einfachen Erschütterungen und der Tonhöhe ab. Ist aber ein Luftrohr vor einem Zungenwerke angebracht, so verwickeln sich die Grundbedingungen. Die verhältnißmäßige Länge von jenem oder die Größe der Ausgangsöffnung bestimmen es, nach Willis, ob i, e, a, o oder u gehört wird. Die Tonhöhe hängt hier von der Schwingungszahl der Zunge, die Art des Vocallautes dagegen von der Tonhöhe, die das Rohr als offene Pfeife geben würde (§. 1402.), ab. Ein Wechsel der Zunge bewirkt daher, daß sich nur die Höhe der Tönung, nicht aber der Vocallaut ändert. Vocalbildung

§. 1428. Die physiologische Prüfung der Aussprache der einzelnen Laute in den verschiedenen Sprachen und Dialekten kann viele Fragen der vergleichenden Sprachkunde aufklären. Die Philologie hat diese Seite der Forschung weniger, als sie es verdiente, zu benutzen gesucht. Jeder Dialekt beruht auf einer eigenthümlichen Einstellung, auf einer besonderen Erziehung der Sprachwerkzeuge. Es erklärt sich hieraus, weshalb gewisse Reihen von Lauten eigenthümlicher klingen oder nicht, warum eine bestimmte fremde Sprache von den Angehörigen des einen Landes leichter und besser, als von denen eines anderen gesprochen wird, aus welchem Grunde einzelne Accente der Muttersprache nachklingen. Solche physiologische Betrachtungen erläutern häufig die Schicksale, denen dasselbe Wurzelwort im Laufe der Zeiten oder in verschiedenen verwandten Sprachen unterworfen wurde, und selbst manche Verhältnisse der Quantität und der Metrik in überraschender Weise. Physiologische Verschiedenheit der Sprachen.

§. 1429. Viele Forscher haben angenommen, daß der Hauptvortheil, dessen sich die Bauchredner bedienen, in der Anwendung von Einathmungstönen (§. 1415.) liegt. Dieses stimmt mit der bekannten That- Bauchreden.

sache, daß dann die Töne höher und bei einer gewissen mäßigen Stärke scheinbar ferner ausfallen. Viele Bauchredner ziehen auch noch andere Täuschungsmittel zu Hilfe. Sie bedecken sich das Gesicht mit einem Tuche, damit nicht das Mienenspiel an die Person des Sprechenden erinnern könne. Sie wählen häufig Wechselgespräche, für die sie verschiedene Tonarten gebrauchen, um desto leichter irre zu führen. Reden sie in Ausathmungstönen, so vertheilen sie bisweilen die mit einer Exspiration hervorgestoßene Luft auf einen größeren Zeitraum und auf eine bedeutendere Reihe von Lauten.

Stottern. §. 1430. Das Stottern [43]) ist darin begründet, daß die einzelnen Sprachwerkzeuge nicht in regelrechter Reihenfolge spielen, sondern in einer zweckloseren Weise zusammengezogen werden. Krampfhafte Stöße und unpassende Einstellungen greifen dann anhaltend durch. Manche Laute versagen eine Zeit lang gänzlich, während andere zu oft wiederholt werden, ehe das ganze Wort und zwar meist mit einer plötzlichen Explosion zum Vorschein kommt. Die Ursache dieses Fehlers liegt fast ausschließlich in den Nervenverhältnissen, welche die Sprachwerkzeuge beherrschen. Es erklärt sich hieraus, weshalb Geistesverlegenheit, Schreck oder Furcht, die Nachahmung Anderer und sogar Ziererei zum Stottern führen und ein kräftiger Wille dieses Uebel beseitigen kann. Es ergiebt sich zugleich, daß nur passende Erziehungsmittel, nicht aber mechanische Vorrichtungen, in welche die Zunge eingezwängt wird, oder die Durchschneidung des Kinnzungenmuskels (*a*, Fig. 77, S. 131.) die Heilung bedingen werden.

Taubstumme. §. 1431. Die Sprachwerkzeuge der Taubstummen bieten keine wesentlichen Fehler ursprünglich dar. Die Abweichungen, die man in diesen Theilen antrifft, rühren nur von dem Uebungsmangel her. Die wahre Ursache der Sprachlosigkeit liegt vielmehr in der Unfähigkeit der Tonempfindung. Die Unmöglichkeit, die einzelnen Laute zu vernehmen und die passende Einstellung der Sprachwerkzeuge durch den Vergleich mit den erzeugten Tonbildungen nach und nach zu erlernen, liefert die Hauptursache, weshalb sich eine zweite Infirmität zu der ersten hinzugesellt. Man findet bisweilen, daß Erwachsene, die später stocktaub geworden, ihre Sprache im Laufe der Jahre immer mehr vergessen, bis sie zuletzt nur einzelne Worte hervorbringen oder selbst gar nicht mehr reden können.

Sinnesthätigkeiten.

Vorbereitende und empfindende Theile der Sinneswerkzeuge.

§. 1432. Ein jedes Sinneswerkzeug enthält zweierlei Hauptstücke. Das eine empfängt die Anregungen, um sie zweckmäßig vorzubereiten. Das zweite dagegen, das dem Nervensysteme angehört, verarbeitet sie in eigenthümlicher Weise. Es vermittelt dann zugleich die Wechselwirkung mit den entsprechenden Hirngebilden. Das Auge besitzt auf diese Art eine Reihe von Ablenkungskörpern, welche die Bilder passend verändern, das Ohr eine Kette fester und flüssiger Theile, welche die Schallwellen zuleiten, die Nase eine an ihrer Oberfläche flimmernde Schleimhaut, welche riechende Theilchen, die Zunge einen Ueberzug, der schmeckbare Stoffe aufnimmt, die Haut endlich Gewebeelemente, die einen bestimmten Einfluß auf die Druck- und die Temperaturerregungen ausüben. Die mit dem Sehnerven verbundene Netzhaut des Auges dagegen, der Gehör-, der Geruchs-, der Geschmacks- und die Tastnerven führen zu den lebendigen Rückwirkungen, welche den von jenen Gebilden vorbereiteten Eindrücken nachfolgen.

Objective und subjective Sinnesempfindungen.

§. 1433. Ein äußerer Gegenstand, den man auf diese Weise erblickt, erzeugt einen objectiven Sinneseindruck, weil die erste entsprechende Erregungsursache außerhalb des empfindenden Subjectes selbst liegt. Eine Reihe anderer Menschen oder Thiere kann denselben Leuchtkörper mit geringen Abweichungen gleichzeitig auffassen. Werden dagegen die Netzhaut, der Sehnerv oder die mit ihm zusammenhängenden Hirngebilde gedrückt, gebrannt oder elektrisirt, so bemerkt der Mensch Flammenbilder, die kein Zweiter zu sehen im Stande ist. Wir haben hier eine rein subjective Empfindung. Da der Hörnerv Reize, die ihn treffen, mit Hören, der Geruchsnerv die seinigen mit Riechen, der Geschmacksnerv mit Schmecken und die Tastnerven mit ähnlichen entsprechenden Wahrnehmungen beantworten können, so ergiebt sich, daß der Unterschied der objectiven und der subjectiven Empfindungen für alle Sinnesorgane wiederkehrt.

§. 1434. Die einzelnen Augenlinsen des gesunden Menschen enthalten keine Körper, deren Schattenbilder sich in dem gewöhnlichen Sehen nachdrücklich geltend machen. Es kann aber unter gewissen künstlichen oder unter krankhaften Verhältnissen vorkommen, daß die Netzhaut manche in dem Auge befindlichen Massen eben so gut, als einen äußeren Gegenstand wahrnimmt. Man hat daher hier im Grunde genommen eine objective Auffassung eines innerhalb des Organismus befindlichen Körpers. Diese Lage desselben bedingt es aber, daß man die eben erwähnte

Erscheinung in das Gebiet der subjectiven Sinneseindrücke zu verweisen pflegt.

Entsprechende Sinneserregungen. §. 1435. Jedes Sinneswerkzeug ist für einen bestimmten Kreis von Einflüssen oder, wie man sich ausdrückt, für die ihm adäquaten oder entsprechenden Reize vorzugsweise berechnet. Es antwortet hingegen auf andere Eingriffe gar nicht oder wenigstens nicht mit der ihm eigenthümlichen Feinheit. Das Auge erwiedert nur zunächst die Stöße der Lichtwellen, nicht aber die stärkeren Erschütterungen der wägbaren Stoffe. Veränderungen von diesen, die sich höchstens als ein gewisses Zittern dem Tastgefühle verrathen, führen zu den einfachen und eigenthümlichen Tonempfindungen der Gehörwerkzeuge. Da der Geruch den gas- oder den dampfförmigen Zustand als Grundbedingung voraussetzt, so fühlt man nur die Berührung einer riechenden Flüssigkeit, welche die Nasenhöhle vollständig ausfüllt, mit den Tast-, nicht aber mit den eigenthümlichen Geruchsnerven der Nasenschleimhaut.

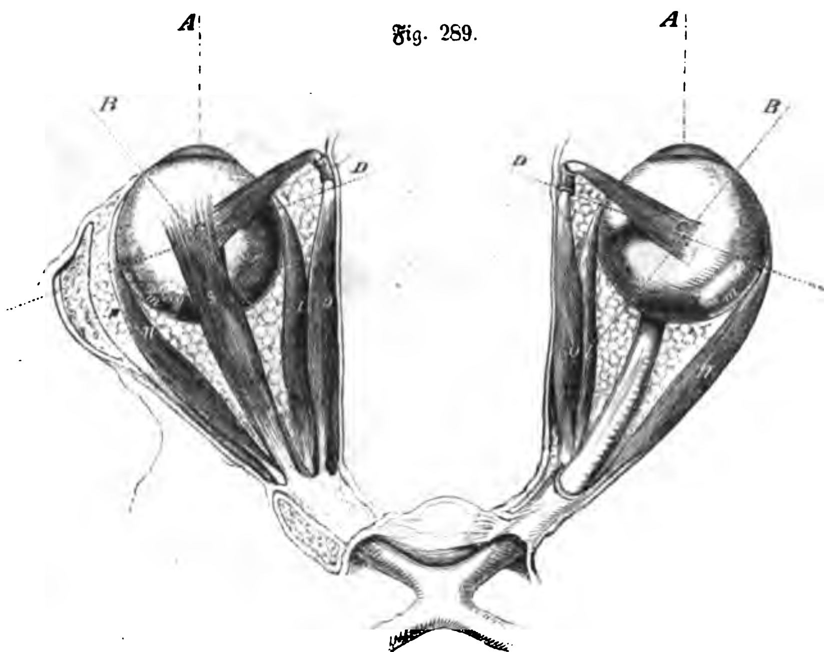
Beschränkte Wirkung der Sinnesorgane. §. 1436. Die fünf Sinne können nicht alle möglichen Veränderungen der Außenwelt auffassen. Die Bewegung der Lichtwellen, die Stöße der wägbaren Körper, die noch nicht ergründeten wirksamen Zustände der riechenden oder der schmeckbaren Verbindungen, der Wechsel des Druckes und der Temperatur liefern die Haupterregungen, von denen uns die einzelnen Sinneswerkzeuge mit bestimmten Erkennungszeichen benachrichtigen. Wir haben dagegen keine Specialempfindung für die Einflüsse der Elektricität und des Magnetismus. Tiefere mechanische oder chemische Eingriffe führen zu Schmerzen, d. h. nur zu eigenthümlichen Veränderungen der Empfindungsnerven, welche Tasteindrücke unter anderen Nebenverhältnissen darzubieten pflegen.

Unruhe als Bedingung der Sinnesempfindung. §. 1437. Wir werden später sehen, daß die Nervenfasern die Veränderungen der Zustände weit eher, als die Permanenz derselben auffassen. Das Auge erkennt daher in der That nur die Schwingungen des Lichtäthers, das Ohr die der wägbaren Massen und der Tastsinn den Wechsel der statischen Beziehungen oder der Ausgleichung der Temperaturerscheinungen. Die Geruchsempfindung beruht vermuthlich ebenfalls bloß auf gewissen Impulsen und der Geschmack auf chemischen Einwirkungen, die von Augenblick zu Augenblick schwanken. Der Schmerz endlich fußt auf gewissen plötzlich oder allmälig eingreifenden tieferen Veränderungen, welche die Nervengebilde treffen. Diese müssen immer aus ihrem ruhenden Zustande gestört und so lange, als eine entsprechende Thätigkeit fortdauern soll, in innerer Bewegung erhalten werden.

Lage des Augapfels. §. 1438. Sehen. — Das Auge bildet eine kugelähnliche Masse, die an dem Sehnerven wie an einem Stiele befestigt ist (Fig. 289). Beide liegen in dem Fette der Augenhöhle größtentheils vergraben. Der Sehnerv tritt dann aus dieser durch eine eigene Oeffnung in die Schädelhöhle über. Die zwei Gesichtsnerven vereinigen sich hier zu einem unpaaren Mittelstücke, aus dem wiederum zwei in das Gehirn einstrah-

lende Nervenstämme hervorgehen. Fig. 289 kann diese Verhältnisse näher erläutern.

Fig. 289.



§. 1439. Da die Strahlen, die von einem Leuchtkörper stammen, gewisse vorgeschriebene Bahnen verfolgen, so muß man ein jedes Fernrohr nach den verschiedenen Himmelsgegenden drehen können, um allen vorkommenden Lageverhältnissen Genüge zu leisten. Etwas Aehnliches kehrt für das Auge wieder. Die Augenhöhle enthält sieben Muskeln außer dem Augapfel (*c*, Fig. 290 [s. f. S.]), dem Fette (*d*, Fig. 290.), dem Sehnerven, den übrigen Nerven und den mannigfachen Gefäßstämmen. Nur einer von ihnen, der Aufheber des oberen Augenliedes (*g*, Fig. 290.), der dieses letztere (*ab*) emporzieht, dient nicht unmittelbar zur Bewegung der Augenkugel. Die übrigen sechs dagegen können sie auf das Verschiedenartigste rollen helfen. Sie zerfallen dabei in vier gerade und zwei schiefe Augenmuskeln. Heber des oberen Augenlides.

§. 1440. Zieht sich der innere gerade Augenmuskel (*i*, Fig. 290.) allein zusammen, so wird er das Auge nach innen wenden. Der obere (*s*, Fig. 289.) führt es in ähnlicher Weise nach oben, der äußere (*n*, Fig. 289.) nach außen, und der untere nach unten hin. Gerade Augenmuskeln.

§. 1441. Der obere schiefe Augenmuskel (*o*, Fig. 289, *c*, Fig. 267, S. 425.) läuft an dem oberen und inneren Theile der Augenhöhle dahin. Er heftet sich dann an eine Sehne, welche eine eigene, nur für sie bestimmte Rolle (*e*, Fig. 267.) durchsetzt, hierauf nach außen und hinten Schiefe Augenmuskeln.

umbiegt und sich endlich an dem äußeren und hinteren Abschnitte des

Fig. 290.



Augapfels ausbreitet (*c*, Fig. 289, *f*, Fig. 267.). Denkt man sich die Verhältnisse in einem idealen senkrechten Durchschnitte gezeichnet, so entspricht *a*, Fig. 291, dieser Sehnenbildung. Der Muskel wird daher den Augapfel in der Richtung des Pfeiles *ef*, d. h. den Abschnitt *cc* nach oben und innen zu drehen suchen. Der untere schiefe Augenmuskel (*b*, Fig. 291.) dagegen, der von dem untersten und innersten Theile der Augenhöhle ausgeht, sich bogig nach außen herumschmiegt und sich zuletzt außen und hinten anfügt (*m*, Fig. 289.), muß den Abschnitt *cd*, Fig. 291, nach außen und unten in der Richtung des Pfeiles *ff* zu wälzen streben.

Fig. 291.



Die beiden schiefen Augenmuskeln würden hiernach eine Radbewegung des Augapfels zunächst vermitteln. Sie können aber auch den unpassenden Wirkungen der geraden Augenmuskeln entgegenarbeiten. Wenn sich zwei gerade Muskeln gleichzeitig verkürzen, so suchen sie nicht bloß den Augapfel in ihrer Weise zu rollen, sondern auch nach dem Grunde der Augenhöhle (von *c* nach *e*, Fig. 290) zurückzuziehen. Eine entsprechende Verkürzung eines der beiden schiefen Muskeln wird diesen Theil der Wirkung aufheben können. Die Kugel des Augapfels wendet sich dann in der von den geraden Augenmuskeln

vorgeschriebenen Mittelrichtung, ohne daß ihr Drehpunkt ihren absoluten Ort zu wechseln braucht. Wir sehen aber hieraus, daß eine scheinbar einfache Bewegung das berechnete Wechselspiel von drei Augenmuskeln oder der Hälfte der ganzen zu Gebote stehenden Verkürzungsgebilde nöthig haben wird (§. 1448.).

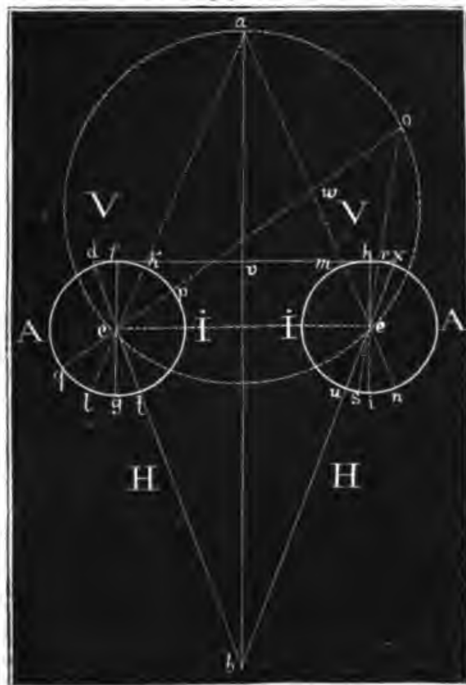
Drehpunkt des Auges.

§. 1442. Eine vollkommene Kugel hat ihren Drehpunkt im Mittelpunkte. Böte der Augapfel die gleiche Gestalt dar und entspräche die Augenachse, deren Länge 23 bis 25 Mm. zu betragen pflegt, dem Durchmesser desselben, so müßte der Drehpunkt $11\frac{1}{2}$ Mm. bis $12\frac{1}{2}$ Mm. hinter der Mitte der Hornhaut liegen. Jene Vorbedingungen sind aber hier nicht vorhanden. Man hat sich daher bemüht, den Drehpunkt des Menschenauges auf dem Wege der Erfahrung und der Berechnung auszumitteln. Volkmann erhielt auf diese Weise durchschnittlich 12,3, Burow 12,2 und ich 12,4 Mm. für die wagerechte, und 11,5 Mm. für die senkrechte Drehung. Das Verfahren, welches zu diesen Ergebnissen führte, schließt reichliche Quellen möglicher Beobachtungsfehler ein. Man kann daher nur behaupten, daß der Drehpunkt der Mitte der Augenachse ziemlich nahe liegt.

Gleichzeitige Bewegung beider Augen.

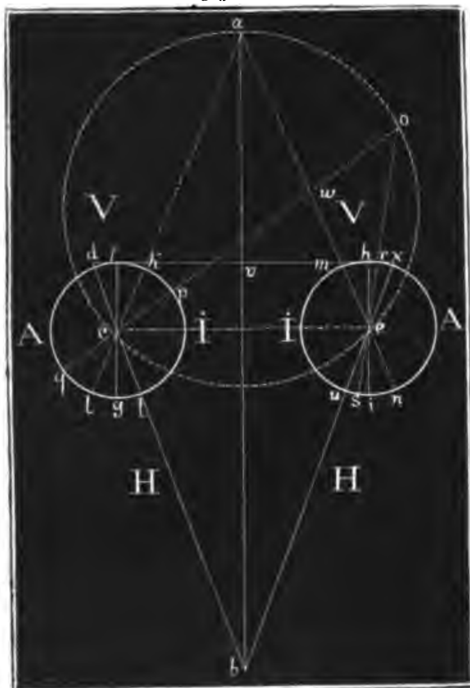
§. 1443. Die in Fig. 292 dargestellte Schemenzeichnung kann die wesentlichsten Verhältnisse der gleichzeitigen Wendungen unserer beiden Augen klar machen. *c* und *e* bezeichnen die Mittelpunkte oder die Drehpunkte der Kugeln, unter deren Bildern wir uns die Gesichtswerkzeuge der Einfachheit wegen vorstellen. *V V* ist vorn, *A A* außen, *H H* hinten und *I I* innen. Da wir diejenigen Punkte, deren Bilder sich in der Mitte des gelben Fleckes der Netzhaut (Taf. I. Fig. XIV.) abspiegeln, am Deutlichsten wahrnehmen, so richten wir unseren Augapfel immer so, daß die Verlängerung der Sehachse, d. h. derjenigen Geraden, welche durch die Mitte des gelben Fleckes (den Drehpunkt) und die Mitte der Hornhaut geht, den Leuchtpunkt, den wir am Schärfsten sehen wollen, trifft. Fixiren wir ihn mit beiden Augen zugleich, so müssen sich in ihm die beiden Sehachsen schneiden.

Fig. 292.



§. 1444. Wir wollen uns vorstellen, die beiden Sehachsen *fg* und *hi*, Fig. 293, ständen ursprünglich parallel und wir bemühten uns, den Punkt *a*, der in gleicher Ebene mit den Drehpunkten *c* und *e* und in der Mittellinie *ab* liegt, genauer aufzufassen. Die Sehachse *fg* wird dann nach innen, nach *kl*, und *hi* nach *mn* gedreht, damit *lka* und *nma* in *a* zusammentreffen. Beide Augäpfel rollen daher nach der Innenseite, nach der Mittellinie *ab*, um den nöthigen Convergenz- oder äußeren Richtungswinkel *cae* herzustellen.

Fig 293.



§. 1445. Nehmen wir dagegen an, der gesehene Punkt *a* liege nach außen von der Mittellinie *ab*, z. B. in *o*, d. h. dem rechten Auge näher, so muß die rechte Sehachse *hi* nach außen, nach *rs*, und die linke nach innen, nach *pq* gehen, damit die Winkelbildung *coe* erreicht werde. Wir haben daher hier gewissermaßen entgegengesetzte Thätigkeiten für beide Augen. Das eine rollt nach innen und das andere nach außen, um *o* gemeinschaftlich zu betrachten.

§. 1446. Liegt der Punkt *a* höher oder tiefer, als die wagerechte Mittelebene, deren Fläche Fig. 293 darstellt, so müssen die Sehachsen beider Augen in entsprechender Weise nach oben oder nach unten gehen. Man sieht leicht, daß dieser Fall jene doppelte Möglichkeit, die wir für die wagerechten Stellungsverhältnisse so eben erläutert haben, nicht offen läßt.

§. 1447. Fassen wir Alles zusammen, so finden wir, daß der Blick nach oben oder nach unten eine gleichartige Thätigkeit der entsprechenden oberen oder unteren Augenmuskeln immer voraussetzt. Die zwei Drehungsarten dagegen, welche die Stellungsverhältnisse der in der wagerechten Ebene liegenden Punkte liefern, unterscheiden sich in wesentlicher Weise, je nachdem wir die Richtungen oder die Muskeln, von denen der Ausschlag zunächst abhängt, ins Auge fassen. Der Blick nach innen (nach *a*, Fig. 293) fodert zwei gleich benannte Bewegungen, zu welchen die beiden inneren schiefen Augenmuskeln den Anstoß liefern.

Bedenken wir aber, daß wir die ursprüngliche parallele Richtung der Sehachsen *fg* und *hi* zum Grunde gelegt haben, so ist die Rollung dessenungeachtet unharmonisch oder in der Wahrheit eine Schielbewegung, weil *mn* und *kl* nach derselben Seite, nach *ab* hin, abweichen. Wenden wir hingegen unseren Blick nach außen (nach *o*, Fig. 292.), so arbeitet zwar allerdings der äußere gerade Augenmuskel des näheren und der innere des entfernteren Auges. Jener rollt nach außen und dieser nach innen. Wir erhalten entgegengesetzte Ortsveränderungen. Wir haben aber dessenungeachtet harmonische Bewegungen, weil die Abweichungen von dem Parallelismus (von *fg* und *hi*) nach der gleichen Seite gerichtet sind.

§. 1448. Die Annahme, daß ein einziger gerader Augenmuskel zur Einstellung eines Auges hinreicht, läßt sich in den meisten Fällen nicht durchführen. Das genauere Studium der Mechanik der Augenmuskeln deutet vielmehr darauf hin, daß ein zweiter gerader Muskel zu Hilfe zu kommen pflegt und ein schiefer die Unverrückbarkeit des Drehpunktes zu sichern sucht (§. 1441.). Dieses verwickelte Spiel wird aber bei dem Blicke nach innen gleichartigen und bei dem nach außen zum Theil entgegengesetzten Werkzeugen in beiden Augen übertragen sein.

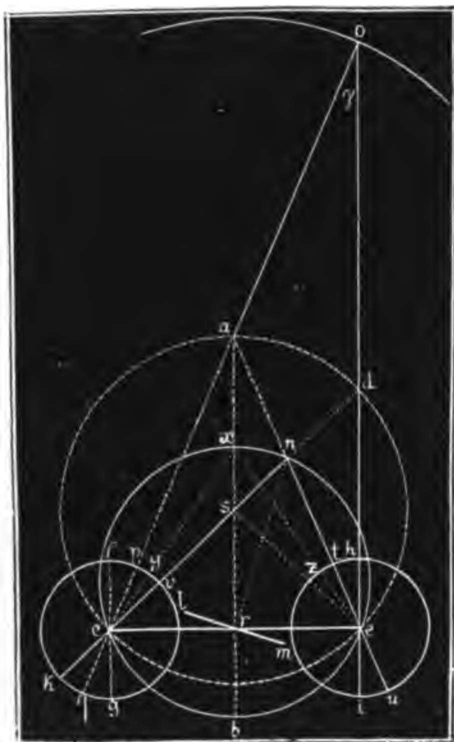
§. 1449. Man sieht leicht, daß die auf den Punkt *a* eingestellten Sehachsen *kl* und *mn* von dem Parallelismus *fg* und *hi* um so weniger abweichen, je weiter *a* von den Drehpunkten *c* und *e* entfernt liegt. Wächst der Abstand ins Unendliche, so wird auch der äußere Richtungswinkel *cae* so klein, daß man ihn gleich Null setzen darf. *ac* und *ae* können in diesem Falle als Parallellinien betrachtet werden. Man sagt daher, daß die Augen bei dem Anblicke sehr ferner Gegenstände parallel stehen. Es versteht sich aber von selbst, daß dieser Ausdruck streng genommen unrichtig ist, weil sich die Verlängerungen der Sehachsen in einem gegebenen Punkte immer noch schneiden.

§. 1450. Wir haben schon §. 1447 gesehen, daß die Betrachtung der in der Mittellinie *ab*, Fig. 293, befindlichen Leuchtpunkte die Augen zu einer disharmonischen Wendung, die wir schon dort eine Schielbewegung nannten, nöthigen muß. Das krankhafte bleibende Schielen besteht nun darin, daß die Sehachsen in dem ruhenden Zustande nicht parallel stehen. Die von einem oder beiden Gesichtswerkzeugen herrührende Abweichung kann dann in allen Stellungsverhältnissen mehr oder minder auffallend wiederkehren. Schielen.

§. 1451. Während sich die gesunden Sehachsen in *fg* und *hi*, Fig. 294 (s. f. S.), bei dem Blicke in die unendliche Ferne befinden würden, steht die des nach innen schielenden linken Auges in *pq*. Beide Leitlinien *qo* und *io* schneiden sich daher schon in *o* in dem ruhenden Zustande. Soll der Mensch den Punkt *a* mit beiden Augen zugleich auffassen, so braucht sich das linke kranke Auge gar nicht zu bewegen, während das gesunde rechte einen Bogen *ht*, der dem Schielwinkel *fcp* entspricht, beschreiben muß. Der nähere Gegenstand *x* macht den klei-

neren Drehungswinkel pcy für das schielende und den größeren hez für das gesunde Auge nöthig. Man sieht überhaupt, daß der Schielwinkel als eine beständige positive oder negative Größe in allen Bewegungsarten durchgreifen wird.

Fig. 294.



§. 1452. Die Abweichung der Sehachse pq von der regelrechten Stellung fg oder das Schielen nach innen kann von einer zu großen Kürze oder einer zu starken Zusammenziehung des inneren geraden Augenmuskels herrühren. Ist der äußere Augenmuskel gelähmt, so hat der innere um so freieres Spiel, weil er seines Gegenfüßlers, seines natürlichen Widerstandes, beraubt worden. Man findet daher z. B. nicht selten, daß das linke Auge eines Schlagflüssigen, der an dieser Körperhälfte halbseitig gelähmt wurde, nach innen zu schielen anfängt. Man darf aber deshalb nicht annehmen, daß diese Erscheinung der Unthätigkeit des äußeren Augenmuskels in jedem Falle nachfolgen muß. Hat man diesen in einem Menschen oder einem Thiere durchschnitten, so springt das Auge keineswegs sogleich nach innen hinüber. Das Schielen kann selbst in der Folge gänzlich ausbleiben.

§. 1453. Die regelwidrigen Verhältnisse, die wir für den inneren Augenmuskel so eben erläutert haben, kehren bisweilen auch für einzelne der übrigen geraden Augenmuskeln wieder. Es kann daher ein Mensch eben so gut nach außen, nach oben oder nach unten, als nach innen schielen. Die Abweichungen nach oben oder unten kommen verhältnißmäßig am seltensten vor. Obgleich man das Schielen nach außen häufig genug antrifft, so begegnet man ihm doch im Ganzen nicht so oft, als dem nach innen. Jenes verbindet sich auch meistentheils mit tieferen Netzhautstörungen, welche Blindheit zur Folge haben.

§. 1454. Die übermäßige Verkürzung des einen der beiden schiefen Augenmuskeln wird natürlich gewisse Unregelmäßigkeiten der Augenbewegungen ebenfalls nach sich ziehen. Man hat angenommen, daß dann

das Auge um seine von vorn nach hinten gehende Längenachse regelwidrig gedreht bleibt. Diese Erscheinung sollte das sogenannte Radschielen herbeiführen. Fortgesetzte Forschungen werden aber erst über die Richtigkeit dieser Voraussetzung mit Sicherheit entscheiden können.

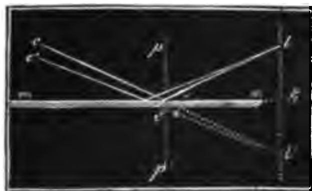
§. 1455. Die regelwidrige Längenabnahme, die das Schielen bedingt, kann anhaltend fortdauern. Der Fehler verräth sich daher unter allen Verhältnissen unmittelbar oder bei genauer Zergliederung der Erscheinungen. Es ereignet sich aber auch, daß jene krankhafte Zusammenziehung nur unter gewissen Nebenbedingungen auftritt. Wir haben §. 1430 gesehen, daß einzelne Menschen, die sonst fließend reden, in Folge von Gemüthseindrücken zu stottern anfangen. Es kommt in gleicher Weise vor, daß manche Personen erst, wenn sie sich in Verlegenheit befinden, zu schielen pflegen.

§. 1456. Eine eigenthümliche Schielart geht endlich noch daraus hervor, daß das eine Auge gar nicht oder wenigstens nicht über eine gewisse Grenze hinaus bewegt werden kann. Man hat diesen Fall als sogenanntes fixes Schielen von dem früher betrachteten beweglichen Schielen zu unterscheiden gesucht.

§. 1457. Ein Lichtstrahl (§. 157.) läuft immer in dem gleichen Mittel geradlinigt fort. Begegnet er aber einem Medium von anderer Beschaffenheit, so kann die Erregung vier verschiedene Hauptwirkungen zur Folge haben. Ein Theil des Lichtes wird zerstreut, d. h. nach allen beliebigen Seiten, ein anderer dagegen regelmäßig oder in einer vorgeschriebenen Bahn zurückgeworfen. Ein Strahl geht gebrochen weiter, wenn das neue Mittel durchsichtig ist. Ein Theil des Lichtes endlich wird verschluckt, d. h. es verliert sich im Innern wahrscheinlich durch theilweise Zurückwerfung und Interferenz (§. 165.). Gang der Lichtstrahlen

§. 1458. Denkt man sich, *mm*, Fig. 295, sei eine gerade spiegelnde Ebene und *li* ein einfallender Lichtstrahl, so heißt die Linie *pp'*, welche auf dem Berührungspunkte *i* senkrecht steht, das Einfallsloth und der Winkel *lip*, den beide zusammen bilden, der Einfallswinkel. Der zurückgeworfene Strahl *ci* liefert dann einen Zurückwerfungswinkel *cip*, dessen Größe mit der des Einfallswinkels *lip* übereinstimmt. Regelmäßige Zurückwerfung des Lichtes

Fig. 295.



§. 1459. Der Winkel *mFm'*, unter welchem die von *F* nach *mm'* gehenden Lichtstrahlen einen concaven Spiegel *mm'* treffen, verkleinert sich verhältnißmäßig um so mehr, je weiter *F* von *mm'* hinwegrückt. Wächst die Entfernung in sehr be- Hauptbrennweite.

Fig. 296.

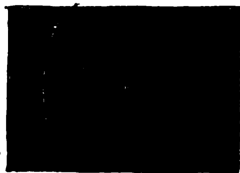


Fig. 297.



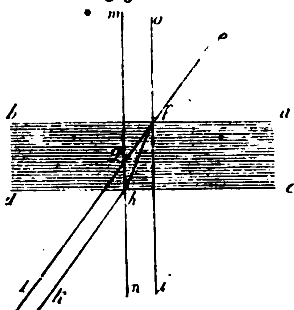
deutendem Grade, so nimmt er so stark ab, daß man sich ohne Fehler vorstellen kann, daß die Strahlen von gar keinem einzelnen Punkte ausgehen, sondern parallel neben einander verlaufen. Treffen sie in dieser Weise auf den Spiegel mm', Fig. 296, so vereinigen sie sich nach ihrer Reflexion in dem Hauptbrennpunkte F. Strahlen, die von diesem kommen, werden umgekehrt parallel zurückgeworfen. Die Vereinigungsstelle, in welcher die aus einer endlichen Entfernung stammenden Strahlen zusammenstoßen, oder die wechselseitige Brennweite ändert sich mit dem Abstande des Leuchtpunktes und der Form des Spiegels. Sie ist reell, wenn sie, wie F, Fig. 296, vor dem Spiegel, und virtuell, wenn sie hinter demselben, wie v, Fig. 297, liegt.

§. 1460. Es hängt von den Entfernungen der Gegenstände ab, ob ihre einzelnen Punkte reelle oder virtuelle Brennpunkte in Concavspiegeln haben, und ob sich das Ganze in der natürlichen Größe, vergrößert oder verkleinert darstellt. Die Convexspiegel, zu denen die Hornhaut und die Vorderfläche der Krystalllinse des Auges gehören, besitzen immer virtuelle Brennpunkte.

Ab- oder Zulenkung des gebrochenen Strahles.

§. 1461. Ein Lichtstrahl ef, der ein durchsichtiges Mittel $abcd$, Fig. 298, durchsetzt, hat wiederum seinen Einfallswinkel in efo, wenn oi auf ab senkrecht steht. Aenderte sich sein Weg nicht, so würde er in fgl weiter gehen. Bricht hingegen das neue Mittel $abcd$, stärker als das frühere, aus welchem der Strahl ef herkommt, so wird er dem Einfallslothe oi zugelenkt, d. h. seine Bahn fh bildet einen kleineren Winkel hfi, als seine geradlinigte Verlängerung fgl. Ein schwächer brechendes Mittel liefert die umgekehrte Wirkung. Geht der Strahl fh in die Atmosphäre zurück, so ist sein Einfallswinkel ghf kleiner, als sein Ablenkungswinkel nhk.

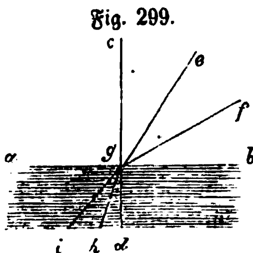
Fig. 298.



Brechungsgesetz.

§. 1462. Bleiben die beiden Mittel, welche der Strahl durchsetzt, unverändert, so liefern die Quotienten der Sinus der verschiedenartigsten Einfalls- und der ihnen entsprechenden Ablenkungswinkel eine und dieselbe beständige Größe, die man mit dem Ausdruck des Brechungsverhältnisses, des Ablenkungsinder oder des Brechungscoefficienten bezeichnet. Snell und Descartes haben diese Norm, die man auch mit ihrem Namen zu belegen pflegt, zuerst entwickelt. Wir erhalten daher $\sin. cgf : \sin. igd = \sin. cge : \sin. hgd = n = \text{Const.}$ Alle hier in Betracht kommenden Winkel liegen aber zwischen 0° und 90°. Die Sinus wachsen daher, so wie die Winkel selbst zunehmen. Da nun der Ablenkungswinkel in dem stärker brechenden Mit-

Fig. 299.



tel kleiner, als der Einfallswinkel ausfällt (§. 1461.), so folgt, daß der auf ein schwächer brechendes Medium bezogene Brechungscoefficient größer als 1 ausfallen muß. Er wird dagegen die Einheit in dem umgekehrten Falle nicht erreichen.

Absolutes Brechungsverhältniß.

§. 1463. Man geht in der Regel von der Luft oder dem leeren Raume aus, um die Brechungsverhältnisse der übrigen Körper in einfachen Zahlen auszudrücken. Schreibt man z. B. 1,33 der Hornhaut des Auges zu, so heißt dieses, daß ein aus der Luft in die Cornea übergehender Lichtstrahl so abgelenkt wird, daß der Quotient der Sinus des Einfalls- und des dazu gehörenden Brechungswinkels 1,33 beträgt.

Relatives Brechungsverhältniß.

§. 1464. Der Ablenkungsindex der wässerigen Feuchtigkeit des Auges gleicht 1,338. Tritt aber ein Lichtstrahl aus der Hornhaut in diese über, so findet man seinen verhältnißmäßigen Brechungscoefficienten wenn man 1,338 mit 1,33 theilt. 1,006 bildet daher die gesuchte Größe.

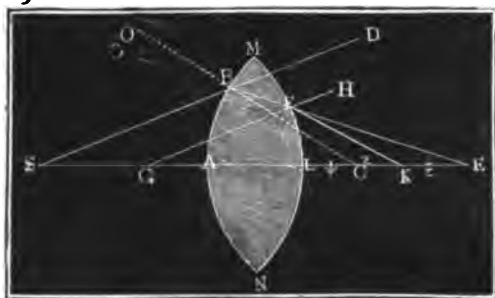
Ablenkung der Hauptrichtung der Strahlen.

§. 1465. Wenn *ab* und *cd*, Fig. 298, wechselseitig parallel sind, so bleiben auch *hk* und *ef* parallel, d. h. der Strahl wird nur verschoben, nicht aber in seiner Hauptrichtung eingeknickt. Fällt der Parallelismus der Durchgangsflächen hinweg, so greift diese zweite Veränderung außerdem noch durch. Die Brechungserscheinungen der Prismen und der verschiedenartigen Linsen beruhen auf diesen Verhältnissen.

Brechung des Lichtes in sphärischen Linsen.

§. 1466. Die Oberflächen einer sphärischen Linse bilden Abschnitte von Kugelflächen. Der Radius dieser Kugeltheile heißt der Krümmungshalbmesser. Nehmen wir nun an, *MANL*, Fig. 300, sei eine doppelt convexe und symmetrische, sphärische Linse, *CB* der Krümmungshalbmesser der Vorderfläche *MBAN* und *GF* der der Hinterfläche *MFLN*, so bildet die Linie *AL*, die innerhalb *GC* liegt, die Achse der Linse und deren Mitte den optischen Mittelpunkt. Ein Strahl, der in der Linie *SGCE* dahingeht, heißt ein Achsenstrahl. Liegt der Leuchtpunkt *S* in dem Verlaufe von *SE*, so geht der Strahl, dessen geradlinigte Fortsetzung die Achse *AC* trifft, als Achsenstrahl ungebrochen durch. Besteht dagegen die Linse aus einem stärker brechenden Mittel, während der Strahl selbst aus der Luft kommt, so wird jeder andere Strahl so abgelenkt, wie es Fig. 300 andeutet.

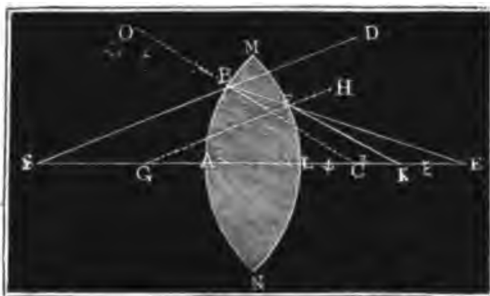
Fig. 300.



Der Strahl *SB* z. B. hat *OBS* als Einfallswinkel, weil sich leicht zeigen läßt, daß die Verlängerung *OB* des Krümmungshalbmessers *BC* das Einfallsloth darstellt. Gesetzt nun, der kleinere Winkel *CBF* (§. 1461.) sei der Ablenkungswinkel, so wird der Strahl längs

BF, Fig. 301, innerhalb der Linse weiter gehen. Er tritt dann aus

Fig. 301.



einem stärker brechenden Mittel in ein schwächer ablenkendes bei *F* über. Sein Einfallswinkel ist wiederum *BFG*. Wenn aber sein größerer Brechungswinkel (§. 1461.) *HFK* bildet, so wird er z. B. in *FK* verlaufen und die Achsenverlängerung *SE* im Punkte *K* schneiden. Lassen wir die später zu erwähnenden Verhältnisse der sphärischen Abweichung unberücksichtigt, so treten auch alle übrigen Strahlen, die unter beliebigen Winkeln von *S* ausgehen, durch *K* hindurch. Dieser Vereinigungspunkt bildet den wechselseitigen Brennpunkt von *S*, d. h. liegt der Leuchtpunkt in *S*, so liefern alle Strahlen, die von *S* stammen, wiederum das Bild eines einzigen Punktes in der Vereinigungsstelle *K*. Der Leuchtpunkt *K* wird umgekehrt sein Punktbild nur in *S* haben. Der Vereinigungspunkt bildet aber hier einen reellen Brennpunkt, weil er hinter der Linse liegt, wenn sich der Leuchtpunkt vor derselben befindet. Lägen beide an einer und derselben Seite, so würde der Brennpunkt virtuell sein (§. 1459.).

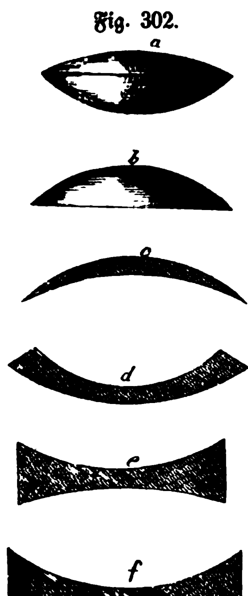
Der Strahl *BS*, Fig. 301, geht unter einem gewissen Winkel *BSA* von der Achsenverlängerung *SE* aus. Er divergirt daher in Beziehung auf *SE*. Die erste Ablenkung *BF* vermindert die Divergenz, weil der Ablenkungswinkel *FBC* kleiner, als der Einfallswinkel *OBS* ist. Die zweite bei *F* Statt findende Brechung erhöht die Convergenz, da *BFG* und *HFE* als Wechselwinkel gleich sind, wenn *FE* die Verlängerung von *BF* darstellt. *HFK* muß aber größer als *HFE* ausfallen. Würde der Strahl *SB* gar nicht gebrochen, so daß er in *SBD* weiter ginge, so müßte er sich von der Achsenverlängerung *SE* ins Unendliche entfernen. Die erste bei *B* Statt findende Ablenkung nähert ihn so sehr, daß er die Achsenverlängerung in *E* schneidet. Die zweite bei *F* eingeleitete Brechung führt ihn noch mehr hinüber, so daß er die Achsenverlängerung früher, nämlich in *K* trifft. Die zwiefache Brechung bedingt daher hier eine raschere Vereinigung in dem wechselseitigen Brennpunkte.

Formverschiedenheiten der sphärischen Linsen.

§. 1467. Die sphärischen Linsen können sechs verschiedene Fälle darbieten. Sie sind biconvex oder doppeltconvex, *a*, Fig. 302, d. h. beide Krümmungsflächen sind ausgebaucht. Wir haben daher hier den Fall, den wir so eben im Einzelnen durchgenommen. Eine planconvexe Linse *b* besitzt eine erhabene sphärische und eine zweite ebene Oberfläche. Die Menisci bestehen aus einer converen und einer concaven Fläche.

Die stärkere Krümmung, die aus einem kleineren Krümmungshalbmesser hervorgeht, liegt hierbei entweder hinten, *c*, Fig. 302, oder vorn, *d*, Fig. 302. Eine doppeltconcave Linse besitzt zwei ausgehöhlte Flächen, *e*, Fig. 302, eine planconcave endlich eine ausgehöhlte und eine ebene Fläche, *f*, Fig. 302.

Fig. 302.



Sammel- und Zerstreuungslinsen.

§. 1468. Die Linsen *a*, *b* und *c* heißen Sammellinsen, weil sie die ursprünglich divergirenden Strahlen in der Art sammeln, daß sich diese hinter ihnen wiederum vereinigen. *d*, *e* und *f* hingegen bilden Zerstreuungslinsen, weil sie die Divergenz vergrößern helfen. Die Brennpunkte von jenen sind daher reell, weil sie an der entgegengesetzten, und die von diesen virtuell, weil sie an derselben Seite, wie der Leuchtpunkt, liegen.

Hauptbrennpunkt der Linsen.

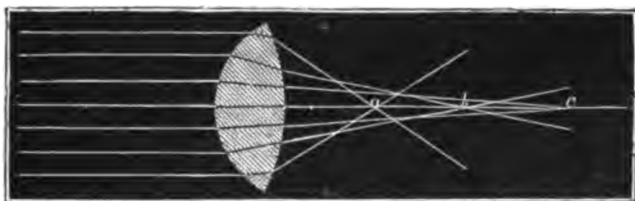
§. 1469. Die parallelen Strahlen (§. 1459.) laufen in einem Punkte, den man den Hauptbrennpunkt oder den Hauptfocus der Linse nennt, wechselseitig zusammen. Strahlen, die von dem Hauptfocus ausgehen, treten umgekehrt nach der Ablenkung parallel hervor. Die Bilder, welche eine Linse liefert, entstehen wiederum dadurch, daß Punkt für Punkt seiner Oertlichkeit und Entfernung gemäß gebrochen wird.

Abweichung wegen der Kugelgestalt.

§. 1470. Wir haben §. 1466 die sphärische Abweichung oder die Abweichung wegen der Kugelgestalt unberücksichtigt gelassen. Wir müssen nun kennen lernen, was dieser Name bezeichnen soll und mit welchem Grunde die hier in Betracht kommenden Eigenthümlichkeiten in vielen Fällen nicht beachtet werden.

Gesetzt, Fig. 303 sei eine doppeltconvexe Linse und *a b c* falle in

Fig. 303.



Achsenverlängerung, so haben die einzelnen parallelen Strahlen streng genommen ungleiche Hauptbrennpunkte. Man kann beweisen, daß sich die Strahlen, welche die Linse von der Achse entfernter durchsetzen, hinter derselben früher vereinigen, als die, welche, der Achse näher, den Brechungskörper erreichen. Jene haben daher ihren Hauptfocus in *a*, während ihn diese in *b* oder *c* darbieten. Dasselbe wiederholt sich für end-

liche Strahlen, d. h. für die eines Leuchtpunktes, dessen Abstand zu klein ist, als daß der Parallelismus der Strahlen ohne Weiteres angenommen werden könnte. Die Abstände *ab*, *bc* geben die Größe der sphärischen Abweichung. Diese muß das Bild des Punktes undeutlicher machen, weil nicht alle Strahlen wiederum in einem Durchschnittspunkte des Bildes zusammentreffen.

Centrale Strahlen.

§. 1471. Stehen die Strahlen von der Achsenverlängerung wenig ab, so fällt auch die sphärische Abweichung geringer aus. Man kann sie dann ohne Nachtheil unberücksichtigt lassen. Besitzt aber eine Linse schwache Krümmungen oder große Krümmungshalbmesser, so vermindert sich auch der Unterschied der Winkel, unter denen die äußersten und die mittleren divergirenden Strahlen auffallen. Man wählt daher häufig solche Linsenformen, um der sphärischen Aberration möglichst zu entgehen. Muß man aber mit einer Linse, *ab*, Fig. 305, die eine beträchtliche

Fig. 304.

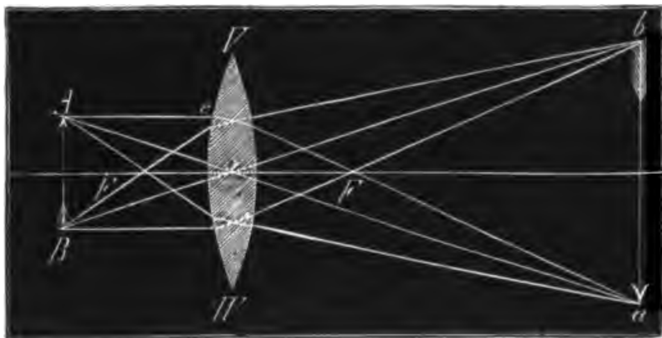
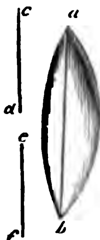


Fig. 305.



sphärische Abweichung im Ganzen giebt, arbeiten, so sucht man die Störung durch den Gebrauch einer Blendung oder eines Diaphragma zu mildern. Man schiebt nämlich eine in der Mitte, *de*, Fig. 305, durchbohrte Scheidewand vor den Brechungskörper *cf*, damit die äußersten Strahlen abgehalten werden. Die übrig bleibenden, welche keine berücksichtigenswerthe sphärische Abweichung liefern, heißen centrale Strahlen.

Bilder sphärischer Sammellinsen.

§. 1472. Wenn *VW*, Fig. 304, eine doppelt convexe Linse, die ihre beiderseitigen Hauptbrennpunkte in *F* hat, darstellt, so gleicht jede der beiderseitigen Hauptbrennweiten dem Abstande des entsprechenden Brennpunktes *F* von dem optischen Mittelpunkte (§. 1466.) der Linse *VW*. Befindet sich nun ein Gegenstand *AB* zwischen der einfachen und der doppelten Brennweite, so erhält man ein reelles, umgekehrtes und vergrößertes Bild *ba*. Liegt er jenseit der doppelten Brennweite, denken wir uns *ab*, Fig. 304, als das Bild, von dem die Lichtstrahlen ausgehen, so haben wir ein reelles, umgekehrtes und verkleinertes Bild *AB*. Steht endlich der Leuchtkörper *AB*, Fig. 306, zwischen dem Hauptbrennpunkte *F* und der Linse *VW*, so erzeugt sich ein virtuelles, aufrechtes, vergrößertes und entfernter liegendes Bild *ab*, Fig. 306.

§. 1473. Eine dunkele Kammer (Camera obscura) besteht aus einem im Innern geschwärzten Kasten *abcd*, Fig. 307, der hinten einen Dunkele Kammer.

Fig. 306.

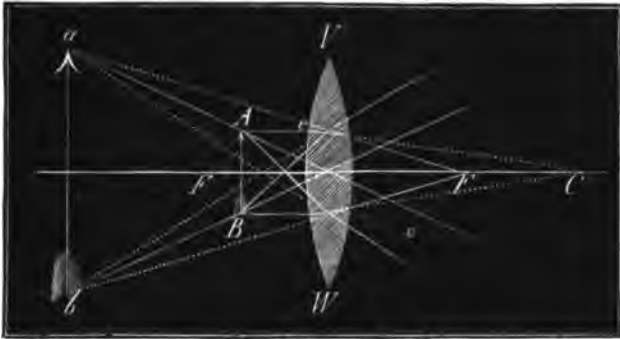
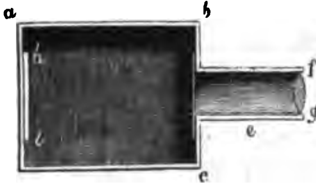


Fig. 307.



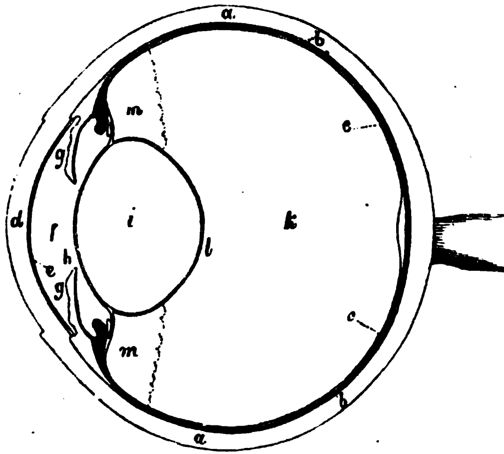
passenden Grund, z. B. eine matt geschliffene Glastafel *hi*, zur Aufnahme des Bildes besitzt. Die Ansatzröhre *e* hat vorn eine doppeltconvexe Linse *fg*, welche die passende Strahlenbrechung einleitet. Befindet sich nun der Gegenstand jenseit der doppelten Brennweite von *fg*, so sieht man auf *hi* ein umgekehrtes und verkleinertes Bild, dessen Umfang mit dem Wachsthume der Entfernung des Leuchtpunktes immer mehr abnimmt (§. 1472.). Da aber die Brennweite mit dem Abstande des Gegenstandes wechselt, so kann das Rohr *e* verlängert oder verkürzt werden, damit man den Ort der Linse in entsprechender Weise zu ändern vermöge. Man hat es auf diese Art in seiner Gewalt, den Focus, wie man sich ausdrückt, einzustellen oder den optischen Apparat den Entfernungen anzupassen. Die Unterschiede der Vereinigungsweiten fallen um so kleiner aus, je größer die absolute Entfernung des Leuchtkörpers selbst ist. Es erklärt sich hieraus, weshalb verhältnißmäßig geringe Veränderungen von *e* hinreichen, um den gewöhnlichen Zwecken Genüge zu leisten.

§. 1474. Das Auge bildet im Grunde genommen eine ähnliche dunkele Kammer, in der jedoch kein mit Luft gefüllter Zwischenraum enthalten, sondern Alles mit eigenthümlichen Brechungskörpern angefüllt ist. Die empfindende Netzhaut bildet den Grund, auf dem sich die Bilder, wenn sie wahrgenommen werden sollen, abspiegeln müssen. Bestandtheile des Auges.

Fig. 308 (s. folg. S.) stellt einen Durchschnitt der einzelnen Theile des Auges dar. *aa* ist die harte Haut oder die Sklerotica, an der hinten der Sehnerv wie an einem Stiele befestigt ist, und deren vorderer Abschnitt das Weiße im Auge darstellt. *b* bezeichnet die schwarze Aderhaut,

die den dunkelen Seitenwänden der Camera obscura gleicht, und *c*

Fig. 308.



die Netzhaut, auf der die Bilder entworfen werden sollen. *d* entspricht der durchsichtigen Hornhaut, *e* der Wrisberg'schen Haut, d. h. einer dünnen, mit der Innenfläche der Hornhaut fest verwachsenen Membran, *f* der wässerigen Feuchtigkeit oder einer Flüssigkeit, welche die vordere Augenkammer, d. h. den von der Wrisberg'schen Haut *e*, der Regenbogenhaut *g* und dem Sehloch oder der Pupille *h* begrenzten Raum ausfüllt und bis hinter die Iris oder in den Bezirk der hinteren Augenkammer vordringt. Die Regenbogenhaut oder die Iris *g g* bildet dabei den Theil, von welchem die Farbe des Auges abhängt, und die Pupillaröffnung *h* das sogenannte Schwarze im Auge. *i* ist die in einer eigenen Hülle, der Linsenkapsel, eingeschlossene Krystalllinse, die in einer besonderen, an der vorderen Fläche des Glaskörpers *k* angebrachten tellerförmigen Grube *l* ruht. *mm* soll das Ciliarsystem, das auf den übrigen Abschnitten des vordersten Stückes des Glaskörpers größtentheils ausgebreitet ist, darstellen.

Schicksal der Lichtstrahlen im Auge.

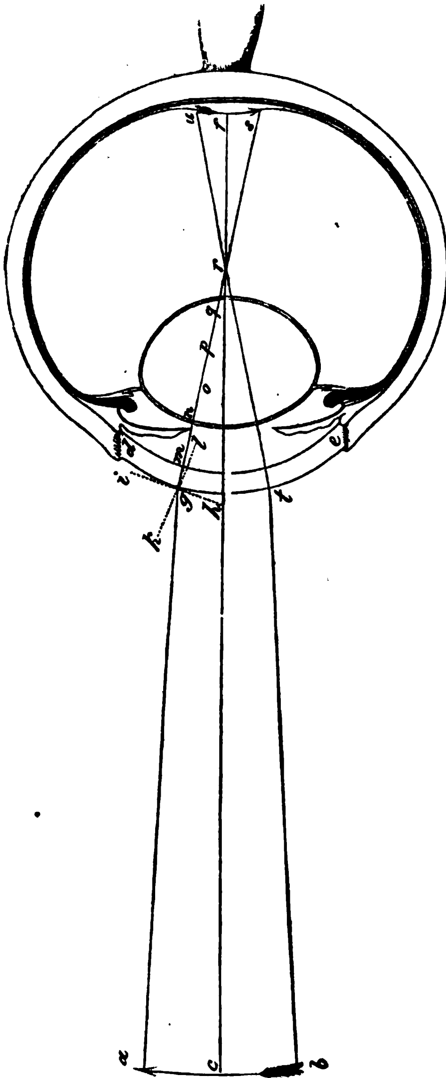
§. 1475. Wir wollen annehmen, *ab*, Fig. 309, sei ein Gegenstand, dessen ursprüngliche oder zurückgeworfene Lichtstrahlen die Hornhaut *de* treffen, so erhalten wir zweierlei Wirkungen. Jene werden einestheils zurückgeworfen, während sie anderntheils gebrochen weiter dringen. Die Reflexion führt zu Spiegelbildern und die Ablenkung zu dem auf der Netzhaut entworfenen Bilde, von dem die Möglichkeit der Auffassung bedingt wird.

Spiegelung des Auges.

§. 1476. Der Glanz des Auges rührt von denjenigen Strahlen, welche die befeuchtete Hornhautfläche (§. 890.) theils zerstreut und theils regelmäßig zurückwirft (§. 1457.), her. Da die convexe Hornhaut selbst aus einer Menge innig verbundener durchsichtiger Schichten besteht, so liefert sie eines oder mehrere virtuelle Spiegelbilder

(§. 1459.). Die Vorderfläche der Linse kann sich ähnlich, die Hinterfläche dagegen gleich einem Concavspiegel verhalten. Hält man eine Kerze in der Nähe des Auges, so bemerkt man bei günstiger Beleuchtung mindestens drei verkleinerte Spiegelbilder. Diejenigen, welche von den Convexspiegeln, der Hornhaut und der Vorderfläche der Krystalllinse herrühren, sind aufrecht. Dasjenige hingegen, das der Hinterseite der Linse entspricht, steht umgekehrt, weil der Brennpunkt dieses Concavspiegels noch in das Innere des Auges fällt. Man hat diesen Versuch, auf den Purkinje und Sanson vorzugsweise aufmerksam machten, als ein Erkennungsmittel der ersten Anfänge des grauen Staares oder der Trübungen der Krystalllinse zu benutzen vorgeschlagen. Ist hier der hintere Linsenspiegel blind geworden, so wird natürlich das umgekehrte Bild hinwegfallen. Hat die Linse ihre zurückwerfenden Eigenschaften an beiden Seiten verloren, so bleiben nur die Wirkungen der Hornhaut übrig. Manche glaubten hierdurch Trübungen, die sich dem ersten Anblicke noch nicht verrathen, nachweisen zu können. Die Erfahrung spricht aber eher gegen, als für diese Behauptung.

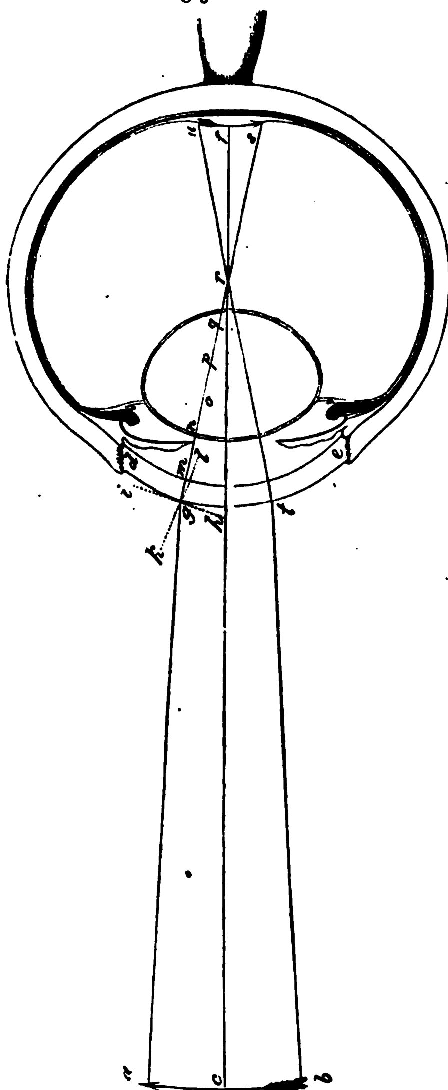
Fig. 309.



§. 1477. Die Brechungserscheinungen bilden natürlich den Hauptzweck des Auges. Liegt der Gegenstand *a b* jenseit der zwiefachen Hauptbrennweite der Hornhaut *d e*, so erzeugt sich ein umgekehrtes verkleinertes Bild, wie in einer dunkelen Kammer, wenn sich der Leuchtkörper außerhalb

der doppelten Vereinigungsweite befindet (§. 1473.). Fig. 310 kann den Gang der Lichtstrahlen näher erläutern.

Fig. 310.



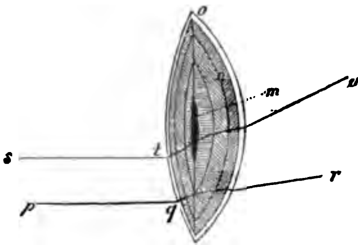
Der Strahl ag hat kga zum Einfalls= und lgm zum Ablenkungswinkel, wenn kl auf der Tangente hi senkrecht steht und daher dem Einfallslothe entspricht. Da die Hornhaut ein größeres Brechungsverhältniß (= 1,33), als die Luft besitzt, so nähert sich der gebrochene Strahl gm der Linie gl. mn ist in demselben Sinne noch weiter eingeknickt, weil der relative Brechungscoefficient der wässerigen Feuchtigkeit 1,006 beträgt. Die Krystalllinse im Ganzen liefert ein Ablenkungsverhältniß, welches selbst das der Hornhaut und der wässerigen Feuchtigkeit übertrifft. Man darf nicht glauben, daß sie deshalb die in dem Auge dahingehenden Lichtstrahlen am Kräftigsten bricht. Da diese aus der wässerigen Feuchtigkeit in die Linse übertreten, so entscheidet nur der verhältnißmäßige Brechungsinder. Dieser fällt aber kleiner, als der der Hornhaut im Vergleich zur atmosphärischen Luft aus. nq, Fig. 310, geht daher zwar aus einer neuen Einknickung hervor. Sie ist jedoch schwächer, als die von gm und ag. Das Brechungsverhältniß des Glaskörpers nähert sich dem der wässerigen Feuchtigkeit. Mittel von ungefähr gleichen Ablenkungskräften umgeben deshalb die Krystallinse allseitig. Man hat mithin eine neue schwache Einknickung in qs (§. 1466.). Da der Strahl qs die Netzhaut im Punkte s erreicht, so spiegelt sich der oberste Punkt a verhältnißmäßig am Tiefsten in s ab.

Der Punkt u entspricht auf gleiche Weise dem Punkte b. Wir haben also in ufs das umgekehrte und verkleinerte Netzhautbild von acb.

§. 1478. Diese Darstellung umfaßt nur die allgemeineren Verhältnisse des Ganges der Lichtstrahlen. Viele Einzelerscheinungen, von denen man nur einen Theil auf optischem Wege genauer verfolgen kann, sind hierbei absichtlich unbeachtet gelassen. Die nicht sphärischen Krümmungen der Brechungskörper der Gesichtswerkzeuge, der geschichtete Bau derselben, der Wechsel der Ablenkungsverhältnisse, die wahrscheinlich nicht vollständige Centrirung der Augenlinsen führen zu Folgerungen, welche die größten Schwierigkeiten einer jeden genaueren Betrachtung entgegensetzen.

§. 1479. Die nicht flüssigen Brechungsmittel der Gesichtswerkzeuge, wie die Hornhaut, die Krystalllinse und der Glaskörper, stimmen darin überein, daß sie einen blättrigen oder geschichteten Bau besitzen. Der Einfluß, den diese Eigenthümlichkeit auf die optischen Erscheinungen ausübt, kann an der Krystalllinse am Ehesten verfolgt werden. Sie enthält eine Menge von zwiebelartig eingeschlossenen Lagen. Die innersten von ihnen, m, Fig. 311, heißen der Kern oder der Nucleus. Sie zeigen die verhältnißmäßig größten Werthe der Dichtigkeit und des Ablenkungsverhältnisses. Die mittleren Schichten n geben schon kleinere und die äußersten o noch niedrigere Werthe in dieser doppelten Beziehung, bis endlich die halbflüssige Morgagni'sche Feuchtigkeit, die zwischen der Linsenkapsel und der eigentlichen Linsenmasse liegt, zu den kleinsten Zahlen wahrscheinlicher Weise überführt. Wir haben mit einem Worte eine polyzonale Linse, in welcher die Ablenkungsgröße von der Oberfläche nach dem Kerne m hin stetig zunimmt. Geschichteter Bau der Ablenkungsglieder.

Fig. 311.



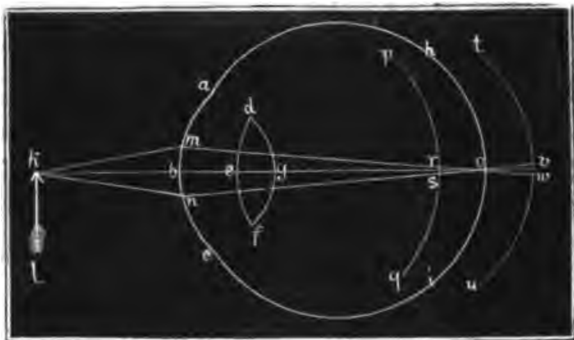
§. 1480. Ein Strahl pqr, der die äußeren Schichten allein durchsetzt, wird unter diesen Verhältnissen schwächer, als ein zweiter, stu, der durch den Kern zugleich geht, abgelenkt. Man kann überdies auf mathematischem Wege darthun, daß sich das Ablenkungsverhältniß durch jene Einrichtung in einer auf den ersten Blick unglaublichen Weise erhöht. Es betrug z. B. nach Senff 1,37 für die äußersten Schichten, 1,45 für den Kern und 1,54 für die Gesammtmasse der Ochsenlinse. Die Letztere hatte also im Ganzen einen höheren Werth, als selbst der Kern, der die größte Zahl unter den einzelnen Bestandtheilen darbietet.

§. 1481. Die bloße Vergrößerung des Brechungsinder kann den wahren Grund des polyzonalen Baues der Augenlinsen nicht erklären. Die Natur hätte dieses Ziel auf einfacherem Wege leicht erreichen können. Die Ursache jener eigenthümlichen Einrichtung liegt vielmehr wahrscheinlicher Weise in gewissen Nebenvortheilen, über welche die optischen Be-

trachtungen Aufschluß geben. Es wird nämlich hierdurch die Größe der sphärischen Abweichung (§. 1470.) herabgesetzt. Die Linse kann deshalb gekrümmtere Oberflächen bekommen oder mehr Strahlen, die zu deutlichen Bildern führen, hindurchlassen und eine größere Helligkeit auf diesem Wege möglich machen.

Zerstreuungskreise. §. 1482. Denkt man sich, die Netzhaut des Auges liege in *hi*, Fig. 312, so wird ein Punkt *k* vollkommen deutlich gesehen, wenn er

Fig. 312.



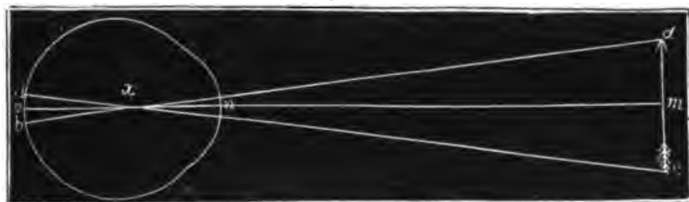
sich wiederum als ein Punkt *o* auf der Netzhaut abspiegelt, oder wenn die Gesammtwirkung aller Brechungskörper des Auges eine Vereinigungsweite, einen wechselseitigen Brennpunkt erzeugt, der die Netzhaut *hi* berühren kann. Läge hingegen die Letztere in *pq*, so hätten wir einen sogenannten vorderen Zerstreuungskreis *rs* statt des entsprechenden Punktes *k*, weil die gebrochenen Strahlen noch nicht zu einem Brennpunkte zusammengelaufen sind, weil die Vereinigungsweite *o* hinter der Netzhaut *pq* liegt. Befände sich diese in *tu*, so ergäbe sich ein hinterer Zerstreuungskreis *vw*. Die Strahlen, die sich schon in *o* vereinigt haben, würden von Neuem aus einander fahren, bevor sie die Nervenhaut erreicht haben. Da sich diese Verhältnisse Punkt für Punkt wiederholen müssen, so ergiebt sich, daß nur dann ein entsprechendes Bild und eine vollkommen genügende Auffassung möglich sind, wenn die letzte Vereinigungsweite der Brechungen des Auges auf die Netzhaut selbst, nicht aber vor oder hinter sie fällt.

Vereinigungsweite des menschlichen Auges. §. 1483. Wir werden später finden, daß die Kurz- und die Weitsichtigkeit diese Schlüsse mehr oder minder bestätigen kann. Man hat sich überdies mehrfach bemüht, auf dem Wege der Berechnung nachzuweisen, daß die Bilder unendlich ferner Gegenstände die Netzhaut des todten Auges treffen müssen. Diese Bestimmungen haben keinen ganz sicheren Boden aus mehrfachen Gründen. Man muß dabei der Einfachheit wegen voraussetzen, daß die meisten Ablenkungskörper der Gesichtswerkzeuge, die Hornhaut, die wässerige Feuchtigkeit, die Krystalllinse, sphärische Oberflächen darbieten (§. 1478.). Die Krümmungen, die Dicken und die Ablenkungsverhältnisse wechseln von einem Auge zum anderen.

Man hat aber noch nicht alle Werthe in einem und demselben Gesichtswerkzeuge eines gesunden Menschen bestimmen können. Man mußte überdies manche Theile, wie die Linsenkapsel, die Morgagni'sche Feuchtigkeit, die geringe Menge von Flüssigkeit, die sich zwischen der Linsenkapsel und dem Glaskörper und zwischen diesem und der Netzhaut vorfindet, gänzlich bei Seite lassen. Alle diese Berechnungen lehren daher im günstigsten Falle, wie sich die Sache ungefähr verhalten wird. Sie dienen zu manchen ferneren Annäherungsbestimmungen, die wir zum Theil in der Folge kennen lernen werden. Sie liefern aber keine mathematischen Beweise, die alle Zweifel beseitigten oder gewisse Endwerthe mit Sicherheit feststellten.

§. 1484. Wir wollen annehmen, *amc*, Fig. 313, sei ein gesehener Optischer Mittelpunkt und Gesichtswinkel.

Fig. 313.



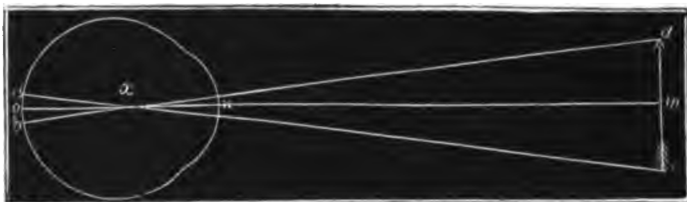
Gegenstand und *bod* dessen umgekehrtes Netzhautbild, so sind *ab*, *mo* und *cd* oder die Geraden, welche je zwei entsprechende Punkte des Leuchtkörpers und des Spiegelbildes wechselseitig verbinden, die Richtungslinien der Leuchtpunkte. Der gemeinschaftliche Durchschnittspunkt *x* wird der optische Mittelpunkt, und der Winkel *axc*, der dem Winkel *dxb* als Wechselwinkel gleicht, der Gesichtswinkel des erblickten Gegenstandes *ab* genannt.

§. 1485. Fällt die Entfernung *mn* so groß aus, daß *xn* oder selbst *on* in Verhältniß zu *nm* verschwinden kann, so wird es nicht wesentlich darauf ankommen, wohin man den optischen Mittelpunkt *x* versetzt. Die Astronomen verlegen ihn daher ohne Weiteres in die Mitte des Sehloches (etwas hinter *f*, Fig. 308.) für die Wahrnehmung der Gestirne oder anderer weit abstehender Gegenstände. Da man aber *xn* in Bezug auf *nm* bei dem Anblicke näherer Körper nicht vernachlässigen darf, so hat man mehrfach versucht, den Ort des optischen Mittelpunktes genauer festzustellen. Es ergab sich hierbei, daß er in das Innere der Linse fällt und mit der Verschiedenheit der Entfernungen der Leuchtkörper, wenn auch in sehr unbedeutendem Grade, doch merklich genug vor- und zurückrücken kann.

§. 1486. Will man *amc* und *bod*, Fig. 313, als gerade Linien der Einfachheit wegen ansehen, so hat man zwei Dreiecke *axc* und *bxd*, Fig. 313, in denen die bei *x* befindlichen Wechselwinkel gleich ausfallen. Stellt man sich ferner vor, *om* halbire *bd* und *ac* und stehe auf beiden Linien senkrecht, so werden die Dreiecke *axc* und *dxb*, *axm* und Größe des Gesichtswinkels.

dxo, endlich mxc und oxb, Fig. 314, zu je zwei ähnlich sein. Man kann

Fig. 314.



daher auch den Gesichtswinkel axm und die Größe des Netzhautbildes ob berechnen, wenn die Ausdehnung des Leuchtkörpers am und der Abstand xm bekannt sind. Fällt nm so groß aus, daß man xn ohne Weiteres vernachlässigen darf, so braucht man nur die Entfernung des Gegenstandes von der Hornhaut, nämlich mn, in Rechnung zu bringen.

§. 1487. Der Gesichtswinkel der Sonne beträgt etwas mehr, als einen halben Grad, und der Durchmesser ihres Netzhautbildes ungefähr $1/_{10}$ Mm. Wir werden später sehen, daß noch weit kleinere Werthe ohne Nachtheil auftreten können.

Anpassung des Auges.

§. 1488. Die Vereinigungsweite einer einzelnen Linse (§. 1466.) oder eines Systemes von Ablenkungskörpern hängt von der Entfernung des leuchtenden Gegenstandes wesentlich ab. Die Unterschiede wachsen aber um so schneller, je geringer die Abstände der Leuchtkörper ausfallen. Er beträgt z. B. im Auge nur Bruchtheile von Millimetern, so lange die Abstände zwischen einer unendlichen Ferne und 42 Centimeter liegen. Der Unterschied von 42 und 11 Centimeter dagegen giebt schon mehrere Millimeter. Wenn nun der Mensch nahe und ferne Körper deutlich erblicken kann, so muß die Anpassung (§. 1473.) für die Auffassung nicht sehr ferner Punkte vorzugsweise in den Vordergrund treten.

Fernpunkt, Nahepunkt und Sehweite.

§. 1489. Der Fernpunkt verräth denjenigen Maximal- und der Nahepunkt den Minimalabstand, in welchem ein Mensch einen Leuchtkörper mit Deutlichkeit wahrnehmen kann. Die zwischen beiden liegende Größe umfaßt die Grenzen der Sehweite. So scharf diese Begriffe zu sein scheinen, so unbestimmt fallen sie bei näherer Betrachtung aus. Lassen wir auch die Verschiedenheiten, die in den Gesichtswerkzeugen der einzelnen Menschen liegen, unberücksichtigt, so liefern die Größe, die Form, der Glanz und die Farbe wesentliche Bedingungsglieder für die Deutlichkeit der Auffassung. Es ist endlich nicht möglich, die Grenze, bei der die vollkommene Schärfe aufhört und die Undeutlichkeit anfängt, mit hinreichender Sicherheit anzugeben.

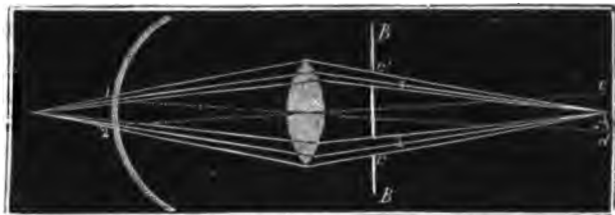
Scheiner'scher Versuch.

§. 1490. Die Optometer, welche die Brillenverkäufer zur Ermittelung der durchschnittlichen Sehweite und vorzüglich des Nahepunktes bisweilen gebrauchen, fußen auf einer Thatsache, welche der Scheiner'sche Versuch am Besten erläutert. Man verfertigt sich zu diesem Zwecke einen Schirm irgend einer Art, der zwei feine Spalten oder zwei kleine runde

Oeffnungen enthält. Die wechselseitige Entfernung von diesen muß kleiner, als der Durchmesser des Sehloches ausfallen. Blickt man hierdurch nach einem schmalen Gegenstande, z. B. einem ausgespannten Faden oder einer Stecknadel, so bleibt der gesehene Körper einfach, so lange er sich in den Grenzen der Sehweite befindet. Ist dieses nicht der Fall, so kommen Doppelbilder zum Vorschein.

Fig. 315 kann uns den Grund dieser Erscheinung klar machen. Denken wir uns, *A* sei ein Leuchtpunkt, *B B* der Schirm, der die Löcher

Fig. 315.



c und *c'* darbietet, so geht der Lichtkegel 1 durch *c'* und der 2 durch *c*. Liegt *a* in der natürlichen Sehweite, so fällt der wechselseitige Brennpunkt von *A* auf die Fig. 315 in Form eines Bogens dargestellte Netzhaut. Da die Strahlen in diesem Falle in einem Punkte von Neuem zusammenlaufen, so können die beiden Oeffnungen und die zwischen ihnen liegende dunkle Wand einzig und allein der Helligkeit schaden, sonst dagegen keinen weiteren Einfluß ausüben. Ist aber *A* dem Auge zu nahe, so daß der wechselseitige Brennpunkt, wie es Fig. 315 zeigt, hinter die Netzhaut fällt, so haben wir zwei gesonderte Zerstreuungskreise 1 und 2, weil der zwischen *c* und *c'* befindliche Schirmtheil ein entsprechendes Mittelstück der Netzhaut unbeleuchtet läßt. Wir werden später sehen, daß wir jedes Bild in einer seiner Lage entgegengesetzten Richtung nach außen zu verlegen suchen. Die undeutlichere Anschauung, welche 1 erzeugt, wird daher nach *d*, und die von 2 nach *e* übergetragen. Wir haben daher hier entgegengesetzte Stellungsbeziehung der wahrgenommenen Doppelbilder. Bringt man ein halbdurchsichtiges oder farbiges Glas vor *c'*, so wirkt dieses auf *d* zurück und umgekehrt. Läge hingegen *A* vom Auge zu weit entfernt, so daß der wechselseitige Brennpunkt von *A* vor die Netzhaut fiele, so würde sich jede Beeinträchtigung von *c'* auf *e* und nicht auf *d* übertragen.

§. 1491. Fig. 316 (s. folg. S.) wird uns hiernach den Grundsatz, auf dem die Optometer fußen, von selbst erläutern. Gesetzt, *a b* sei ein ausgespannter Faden, so bezeichnet *c* die Grenze der Sehweite, in der das Bild einfach bleibt. Die Doppelbilder *d c* und *e c*, so wie *f c* und *g c* bezeichnen die Bezirke der allzugroßen Entfernung oder der übermäßigen Annäherung. Hat man einen schwarzen Drath auf einem halbdurchsichtigen Grunde ausgespannt und auf einem Maaßstabe senkrecht und verschiebbar aufgestellt, so braucht man ihn nur an diesem Optometer.

zu verrücken, bis er durch zwei feine Spalten doppelt zu erscheinen anfängt. Man kann dann eine der beiden Grenzen der Sehweite, den Fernpunkt oder den Nahepunkt, an dem Maaßstabe selbst unmittelbar ablesen.

Fig. 316.



Einrichtungsvermögen des Auges.

§. 1492. Wir haben §. 1473 gesehen, daß man den Hals einer dunkelen Kammer (*e*, Fig. 307, S. 467.) verlängern oder verkürzen, ein Fernrohr oder ein Mikroskop passend einstellen muß, um das Ganze auf eine den Abständen der Leuchtpunkte entsprechende Weise herzurichten. Da aber das Auge in den mannigfachsten Distancen sieht, so hat man sich vielfach bemüht, den Grund dieses Einrichtungsvermögens zu ermitteln. Es ist noch nicht gelungen, die Frage befriedigend zu beantworten. Man kann manche Vorstellungen mit Sicherheit widerlegen, keine der übrigen Theorieen dagegen zuverlässig beweisen.

Ursache des Anpassungsvermögens.

§. 1493. Wir haben §. 1482 bemerkt, daß Zerstreuungskreise, deren Durchmesser mit der Entfernung des Focus zunehmen, diesseit und jenseit der Vereinigungsweite auftreten. Die Undeutlichkeit der Bilder erhöht sich aber mit dem Wachsthume derselben. Stellt man sich vor, daß die Netzhaut Punkte, die sich in gewissen beschränkten Zerstreuungskreisen abspiegeln, deutlich wahrnehmen kann, so wäre auf diese Art eine gewisse Breite der Anpassung ohne Weiteres möglich gemacht. Die Theorie von Sturm fußt auf ähnlichen Voraussetzungen. Da die Brechungskörper des Auges keine Kugelformen besitzen, so frägt es sich, ob ein einfacher Brennpunkt in irgend einem Falle zu Stande kommt, ob sich nicht ein Lichtstreifen, in welchem die Stelle der größten Helligkeit mit den Entfernungen des Leuchtkörpers wechselt, immer erzeugt. Könnte sich dabei die Fähigkeit der deutlichen Auffassung auf größere Grenzabstände ausdehnen, so würde jedes besondere Anpassungsvermögen überflüssig erscheinen.

§. 1494. Die Thatsache, daß ein Mensch, der nahe Gegenstände eine Zeit lang betrachtet hat, entferntere in den nächsten Augenblicken unbestimmter erkennt, läßt eine doppelte Deutung zu. Sie kann auf der Nachwirkung der gewissermaßen zur Gewohnheit gewordenen nervösen Thätigkeit beruhen. Es wäre aber auch möglich, daß manche innere Veränderungen, die das Nahesehen foderte, nicht plötzlich, sondern um so langsamer ausgeglichen werden, je mehr sie früherhin angehalten haben.

§. 1495. Viele Forscher sind von der Ansicht ausgegangen, daß sich die Formen der Augenlinsen bei dem Nahesehen wesentlich ändern. Da hier der Brennpunkt hinter die Netzhaut fällt, wenn das Auge für unendliche Entfernungen ursprünglich eingerichtet ist, so ließe sich der Uebelstand ausgleichen, wenn die Augenachse verlängert oder die Hornhaut stärker gekrümmt würde. Bildete das Auge eine weiche nachgiebige Kugel, so könnte vielleicht die Zusammenziehung der Augenmus-

keln jener Foderung Genüge leisten. Da aber das lebende Gesichtswerkzeug eine pralle Masse darstellt und der Mensch nahe wie ferne Gegenstände unter den verschiedensten Augenstellungen wahrnimmt, so hat jene Annahme schon von vorn herein wenig Wahrscheinlichkeit für sich. Man kann übrigens mit dem Fernrohre und dem Mikroskope sehen, daß sich die Gestalt der Hornhaut bei dem Nahe- und dem Fernsehen nicht ändert und die Mitte derselben in jenem Falle nicht vorrückt. Die Einrichtung scheint auch nicht mit derselben Schnelligkeit, wie die Zustände der quergestreiften Augenmuskeln, in jedem Falle wechseln zu können (§. 1494.).

§. 1496. Manche haben die Veränderungen des Umfanges des Sehloches zu Hilfe gezogen. Die Pupille verengert sich zwar allerdings bei dem Nahesehen mit beiden Augen. Dieses rührt aber vor Allem davon her, daß dann die Gesichtswerkzeuge nach innen convergiren müssen, damit sich die Leitlinien in dem Nahepunkte schneiden (§. 1444.). Es läßt sich theoretisch zeigen, daß die Schwankungen der Pupillengröße das Anpassungsvermögen an und für sich nicht decken könnten. Bleibt nur ein Auge offen, so ist man im Stande, nahe und entfernte Körper deutlich zu betrachten, ohne daß sich deshalb der Durchmesser des Sehloches nothwendiger Weise verändert.

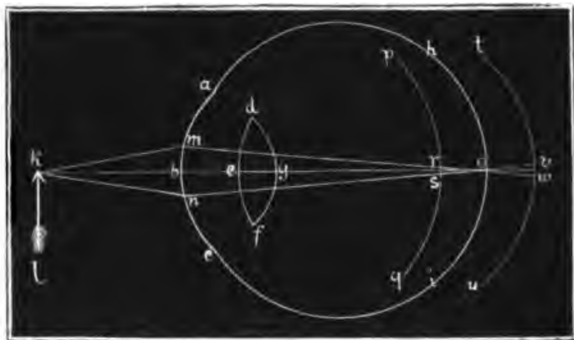
§. 1497. Die Verhältnisse der polyzonalen Krystallinse liefern noch den scheinbar glücklichsten Anhaltpunkt. Ihre Krümmungen brauchten sich nur wenig zu verstärken, damit die Unterschiede der Vereinigungsweiten gedeckt würden. Ihr geschichteter Bau liefert dabei günstigere Bedingungen, als eine einfache gleichartige Masse, weil zugleich der gesammte Brechungsindex (§. 1480.) mit der Verkleinerung der Krümmungshalbmesser zunimmt. Könnte noch überdies die Linse nach vorn geschoben werden, so ließe sich eine Ausgleichung auf dem Wege von Minimalveränderungen um so eher denken. Es frägt sich aber immer noch, ob die Natur dieses Hilfsmittel wahrhaft oder ausschließlich zu Rathe zieht. Das Einrichtungsvermögen geht wahrscheinlich mit dem Verluste der Krystallinse nicht gänzlich zu Grunde.

§. 1498. Die neueren mikroskopischen Untersuchungen haben auf einzelne verkürzbare Innengebilde des Auges aufmerksam gemacht. Der von Brücke beschriebene Spanner der Aderhaut, der in dem früher sogenannten Ciliarbande liegt, gehört vor Allem hierher. Er und die Regenbogenhaut besitzen einfache Muskelfasern in dem Menschen und den Säugethieren, und quergestreifte in den bis jetzt untersuchten Vogelarten. Manche andere Gebilde, wie der Zinn'sche Gürtel, können sich vielleicht ebenfalls im Leben allmählig zusammenziehen. Es wäre möglich, daß die Thätigkeiten dieser Werkzeuge für die Einrichtung zu Hilfe gezogen würden. Die §. 1494 erwähnte Nachwirkung ließe sich hiernach um so eher begreifen. Man sieht aber leicht, daß alle diese Vermuthungen eine Thatsache, deren Existenz selbst noch nicht vollkommen unzweifelhaft festgestellt ist, zu erklären suchen.

Kurz- und Weitsichtigkeit. §. 1499. Der Fehler der Kurzsichtigkeit oder der Myopie beruht darauf, daß der Fernpunkt des Auges verhältnißmäßig zu nahe, und der der Weitsichtigkeit oder der Presbyopie, daß der Nahepunkt zu fern liegt. Die Sehweite steht daher in jenem Falle zu wenig und in diesem zu sehr ab. Da aber die Unterschiede der Vereinigungsweiten mit der Verkleinerung der Abstände der Leuchtpunkte zunehmen, so folgt, daß der Weitsichtige eine größere Breite des deutlichen Sehens, als der Kurzsichtige darbieten wird.

§. 1500. Alle Verhältnisse, welche eine zu starke Brechung möglich machen, führen zur Kurz- und die umgekehrten Bedingungen zur Weitsichtigkeit. Wenn sich die Netzhaut des gesunden Auges in *hi*, Fig. 317, befindet, so daß der wechselseitige Brennpunkt *o* des Leuchtpunktes *k* auf die Retina selbst fällt, so liegt *o*, wenn *k* zu weit entfernt ist, vor der Netzhaut *tu* des kurzsichtigen Auges. Dieses sieht also

Fig. 317.



den umgekehrten Zerstreuungskreis *vw* und mithin *k* selbst um so undeutlicher, je mehr sich *vw* ausbreiten kann, je weiter *vw* von *o* absteht (§. 1482.). Denkt man sich umgekehrt, *pq* sei die Netzhaut des weitsichtigen Auges und *k* liege zu nahe, so daß der wechselseitige Brennpunkt in *o* steht, so haben wir hier einen entsprechenden Zerstreuungskreis *rs*, der die Gesichtsauffassung wiederum undeutlicher machen wird.

Brillen. §. 1501. Diese Thatsachen erklären es, welche Art von Brillen jeder dieser beiden Augenfehler fodert. Die concaven Brechungskörper, die Hohlgläser oder die Zerstreuungslinsen (§. 1468.) vergrößern die Divergenz der von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahlen. Haben wir eine solche Brille zwischen dem zu sehr entfernten Leuchtpunkte *k* und der Hornhaut *ac* des kurzsichtigen Auges eingeschoben, so werden auch *km* und *kn* so auffallen, als wenn sich der Winkel *mkn* erweitert hätte. *mo* und *no* müssen dann auch weniger convergiren und sich später schneiden. Paßt die Zerstreuungslinse, so versetzt sie den Durchschnittspunkt *o* gerade auf die Netzhaut *tu*.

Die convexen Gläser oder die Sammellinsen müssen es umgekehrt dem Weitsichtigen möglich machen, nahe Gegenstände deutlich aufzufassen.

Die unbewaffnete Netzhaut *pq*, Fig. 317, sieht hier den entsprechenden Zerstreuungskreis *rs*. Die vorgeschobene Sammellinse läßt *km* und *kn* und folglich auch *mr* und *ns* stärker convergiren. Es kann daher *o* so weit vorgeschoben werden, daß es an die Stelle von *rs* tritt. Da es sich hier um die Verbesserung der großen Unterschiede der Vereinigungsweiten kleiner Abstände handelt, so wird eine gegebene Sammellinse einen engeren, aber in seinen Folgen durchgreifenderen Spielraum der Sehweite herstellen können.

Ursachen der Kurz- und der Weitsichtigkeit.

§. 1502. Die zu starke Brechung, die der Kurzsichtigkeit zum Grunde liegt, kann zunächst von einer zu bedeutenden Krümmung der Hornhaut oder der Krystallinse, einem zu hohen Brechungsverhältnisse oder einer zu großen Dicke der Augenlinsen, mithin auch von einer zu beträchtlichen Länge der Augenachse herrühren. Menschen mit großen vorstehenden Augen, Personen, die von Wassersucht des Augapfels heimgesucht werden oder deren Gesichtswerkzeuge von Flüssigkeiten strotzen, leiden deshalb häufig an Kurzsichtigkeit. Da die Saftfülle der Körpertheile in späteren Lebensjahren abnimmt, so ereignet es sich nicht selten, daß sich das Gesicht solcher Menschen mit der Annäherung des Greisenalters verbessert. Die Weitsichtigkeit beruht umgekehrt auf einer zu schwachen Brechung, auf einer verhältnißmäßig zu großen Kürze der Augenachse. Es erklärt sich aus eben angeführten Gründen, weshalb Menschen, die früher nahe und ferne Gegenstände scharf gesehen haben, im Alter eine Sammelbrille zum Lesen nöthig haben.

Die Kurzsichtigkeit, die man in den höheren Ständen so häufig antrifft, ist mehr Sache der Erziehung, als einer ursprünglichen fehlerhaften Anlage. Ein Mensch, der häufig liest oder schreibt, eine Frau, die sich mit feinen Handarbeiten fortwährend beschäftigt, pflegt nach und nach kurzsichtiger zu werden. Die anhaltende Einstellung des Auges für nahe Gegenstände führt allmählig zu bleibenden Zuständen, welche die Auffassung ferner Leuchtkörper dem Willenseinflusse mehr oder minder entziehen. Der unpassende Gebrauch der Brillen vergrößert dann oft den Fehler immer mehr. Ein Kurzsichtiger, der ein zu starkes Hohlglas für die Betrachtung ferner Gegenstände benutzt, zwingt gleichsam sein Auge, immer kurzsichtiger zu werden. Man kann daher die Brillengläser nicht vorsichtig genug auswählen. Schreibt oder liest ein Kurzsichtiger, ohne sein Hohlglas abzulegen, so behandelt er natürlich die nahen kleinen Buchstaben, als wenn sie sich in größerer Ferne befänden. Er wird immer kurzsichtiger und muß zu schärferen Brillen allmählig übergehen.

Myopodiorthoticon.

§. 1503. Dieser Einfluß der Augenerziehung macht es umgekehrt möglich, die Größe der Kurzsichtigkeit nach und nach zu verbessern. Sucht der Mensch in immer weiteren Entfernungen zu lesen und zu schreiben, so wird sein Auge in glücklichen Fällen entsprechend nachgeben. Das von Berthold angegebene Lesepult oder das Myopodiorthoticon

soll diese Aufgabe mit Hilfe einer passenden Regulation der Abstände der Buchstaben vom Auge möglich machen.

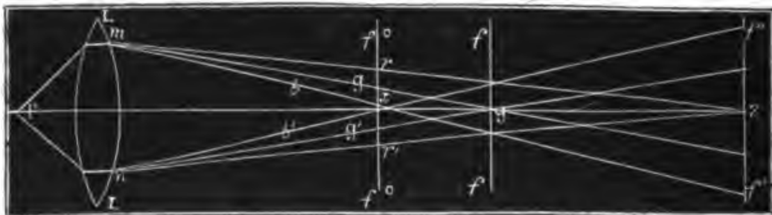
Nummern der Brillengläser. §. 1504. Man nimmt gewöhnlich an, daß die mittlere Sehweite 8 bis 10 Pariser Zoll oder ungefähr 25 Centimeter beträgt. Der Kurzsichtige hat daher einen kleineren und der Weitsichtigere einen größeren Werth in dieser Beziehung. Soll die Brille den Fehler verbessern, so muß sie die Erfolge so ändern, als wenn sich die Gegenstände in der natürlichen Sehweite befänden. Die Zahl, welche man für diese zum Grunde legt, bildet daher ein Bedingungsglied der Gleichung, welche die Wirksamkeit der Brillengläser bestimmen wird.

Man bezeichnet die im Handel vorkommenden Brillen nach Nummern, die von ihrer Schärfe Rechenschaft geben. Jede von diesen entspricht einer gewissen Brennweite eines Sammel- oder eines Zerstreuungsglases, mithin einem bestimmten Grade der Weit- oder der Kurzsichtigkeit. So zweckmäßig diese Einrichtung ist, so störend greift es auf der anderen Seite ein, daß die Nummern der verschiedenen Fabriken, ja selbst bisweilen der gleichen Werkstätte abweichenden Brennweiten entsprechen. Ein Künstler legt auch nicht selten eine andere mittlere Sehweite, als ein zweiter zum Grunde. Man darf sich daher nicht ohne Weiteres auf die bloßen Zahlen mit Sicherheit verlassen.

Staarbrillen. §. 1505. Es ergiebt sich aus dem Früheren, daß die stärksten Sammellinsen dann, wenn einer der vorzüglichsten Brechungskörper, die Krystallinse, gänzlich hinwegfällt, nöthig werden. Die Operation des grauen Staares führt aber zu diesem Uebelstande (§. 1065.). Die Staarbrillen bilden daher die verhältnißmäßig kräftigsten Sammellinsen, die das kranke Auge zu seiner Unterstützung bedarf.

Farbige Brechung. §. 1506. Wir haben schon §. 161 gesehen, daß die Chromasie der optischen Werkzeuge und des lebenden Auges von der ungleichen Brechbarkeit der einzelnen farbigen Strahlen herrührt. Fig. 318 kann diese Erscheinung der farbigen Abweichung näher versinnlichen. Nehmen wir an, der

Fig. 318



Leuchtpunkt p entlasse farbloses Licht, d. h. eine ungeordnete Mischung aller farbigen Strahlen, so werden diese in der Linse LL in ungleichem Grade abgelenkt werden. Die rothen mr, die sich am Schwächsten brechen, vereinigen sich erst in z, die violetten mb, die sich am Stärksten ablenken, schon in x, und die gelben mg an irgend einem mittleren Orte g.

Der Schirm ff hat gelb in der Mitte und die Durchkreuzungen von roth und violett im Umkreise, ff^{o} violett im Centrum und gelb und roth in der Peripherie, endlich $f'f'$ roth im Mittelpunkte, dann gelb und weiter nach außen blau. Die chromatische Abweichung verräth sich in der Wirklichkeit dadurch, daß das von ursprünglich farblosem Lichte herrührende Bild in der Mitte weiß, an den Rändern dagegen von Regenbogenfarben umsäumt erscheint. Es decken sich dort innen die mannigfachen zusammenlaufenden Farben, so daß sie das Auge einzeln nicht mehr unterscheidet. Die Trennung greift dagegen in dem Umkreise tiefer durch.

§. 1507. Wenn man das von einem Spiegel *m*, Fig. 319, zurückgeworfene Sonnenbild in ein dunkeles Zimmer durch die Oeffnung *o* geraden Weges treten läßt, so erzeugt sich ein farbloser Lichtkreis *g*, Fig. 320, von entsprechendem Umfange. Die Strahlen gehen von *o* geradlinigt fort, so daß sie den Aufnahmsschirm im Bezirke von *g* treffen. Schiebt man dagegen ein Glasprisma *p* ein, so werden die Strahlen nach *ru* abgelenkt. Die ungleiche Brechbarkeit der einzelnen Farbenstrahlen (§. 161.) hat aber zur Folge, daß *ru* nicht nur breiter erscheint, sondern die schon §. 161 erwähnten sieben Hauptfarben des Spectrums darbietet. Prismatisches Farbenbild.

Fig. 319.



Fig. 320.



§. 1508. Die genauere Prüfung der Erscheinung lehrt, daß das Farbenbild eine große Zahl dunkler Streifen, welche Fig. 321 (s. f. S.) nach schwacher Lupen- oder Fernrohrvergrößerung anzudeuten sucht, darbietet. Diese Frauenhofer'schen Linien liefern einen passenden Anhaltpunkt für die Ermittelung der einzelnen Brechungsverhältnisse. Da nämlich sonst die benachbarten Farben wechselseitig nach und nach übergehen, so machen es bestimmte willkührlich ausgewählte Linien möglich, sich in dieser Beziehung schärfer auszudrücken. Man wählt z. B. den Ort *B* für das rothe und *H* für das violette Licht, indem die außer ihnen liegenden Farbennuancen allmählig unkenntlich werden (§. 214.). Dunkle Linien des Farbenspectrums.

§. 1509. Die Größe der Farbenzerstreuung oder der Dispersion eines Körpers entspricht dem Unterschiede des Brechungsverhältnisses, den er für *B* und *H* darbietet. Wir haben z. B. 1,628 für *B* und 1,671 für *H* und mithin 0,043 als Dispersionswerth einer gewissen Sorte von Flintglas. Eine bestimmte Art von Crownglas dagegen giebt 1,524 für *B* und 1,545 für *H* und daher nur 0,021 für die Zerstreuungsgröße. Die Dispersion wächst und fällt daher nicht in gleichem Maaße mit dem Ablenkungsverhältnisse. Die Möglichkeit, achromatische Linsenverbindungen herzustellen, geht von dieser Thatsache aus. Farbenzerstreuung.

Achromatische Linsenverbindung.

§. 1510. Eine einzige Linse ist nicht im Stande, völlig achromatische Bilder zu liefern. Die passende Verbindung zweier vermag aber eher zum Ziele zu führen. Denkt man sich, man hätte eine Sammellinse von Crownglas und eine Zerstreuungslinse von Flintglas, wie es Fig. 322 zeigt, zusammengefügt, so können es die gegenseitigen Verhältnisse der Krümmungen, der Dicken und der Entfernungen dahin bringen, daß ein großer Theil der Farbenzerstreuung hinwegfällt. Wäre die vordere Sammellinse allein vorhanden, so würden sich die parallel auffallenden Strahlen in dem Hauptbrennpunkte p vereinigen. Es müßte sich dabei die ganze Zerstreuungsgröße, welche dem Crownglas zukommt, geltend machen. Da die Hohllinse von Flintglas unmittelbar nachfolgt, so wird diese von convergirenden Strahlen, wie es Fig. 322 unmittelbar zeigt, durchsetzt. Sie sammeln sich dann erst später in m. Die achromatische Linsenverbindung führt daher zu einer längeren Vereinigungsweite. Sie schadet gewissermaßen durch die Verkleinerung der Bilder (§. 1472.). Da aber das Flintglas stärker zerstreut, als das Crownglas (§. 1509.), so kann man es so einrichten, daß ein großer Theil der von der Dispersion der Sammellinse herrührenden Farbenerzeugung von der Hohllinse aufgehoben wird, ohne daß die Hauptfolge der Brechung, nämlich eine gewisse Vergrößerung der Bilder, verloren geht. Es ergiebt sich zugleich aus der näheren Betrachtung, daß alle sogenannten achromatischen Linsenverbindungen nur einen bedeutenden Theil der Chromasie aufheben, sie aber nie gänzlich beseitigen.

Fig. 321.

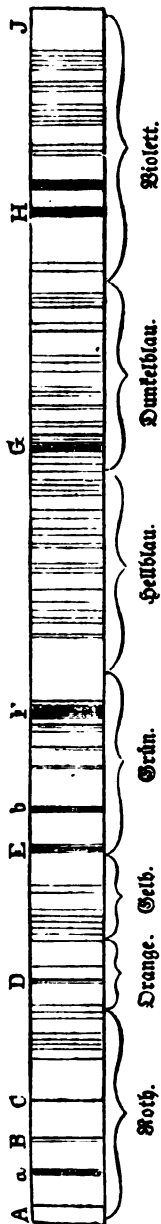
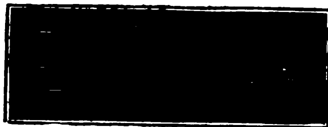


Fig. 322.



Chromasie des Auges.

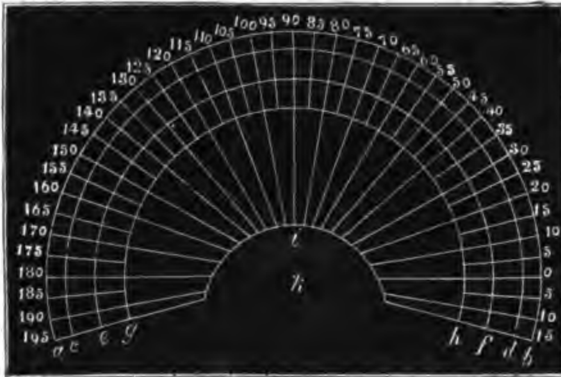
§. 1511. Der gleiche Satz kann auch für unser eigenes Auge ausgesprochen werden. Es ist keineswegs absolut achromatisch. Feinere Versuche lehren vielmehr, daß sich die Einflüsse der verschiedenen Ablenkungsverhältnisse der einzelnen Farben schon in dem gesunden Gesichtswerkzeuge geltend machen können. Man bemerkt zwar keine auffallenden Farbensäume bei dem gewöhnlichen Sehen. Der Scheiner'sche Versuch (§. 1490.) lehrt aber schon in manchen Fällen, daß

Störungen der Art bei der Auffassung von Gegenständen, die außerhalb der Grenzen der Sehweite liegen, leicht hervortreten.

§. 1512. Wir haben §. 1486 gefunden, daß die Größe des Gesichtswinkels die Ausdehnung des Netzhautbildes bestimmt. Die Erfahrung lehrt aber, daß es hier zweierlei Grenzen, einen Maximal- und einen Minimalwerth giebt, den die deutliche Erkenntniß nicht überschreiten kann.

§. 1513. Die Fig. 323 abgebildete Vorrichtung kann von jener Directes und indirectes Sehen.

Fig. 323.



Maximalgröße Rechenschaft geben. Wir haben hier mehrere graduirte concentrische Halbbogen, deren Mittelpunkt in *k* liegt. Der untere Theil ist so ausgeschnitten, daß der Drehpunkt (§. 1442.) oder der optische Mittelpunkt des Auges (§. 1484.) mit *k* zusammenfallen kann. Hat man nun feine Visirnadeln von Grad zu Grad aufgestellt und richtet den Blick gerade auf 90°, so findet man, daß die Bilder, je weiter man nach außen schreitet, um so undeutlicher werden, bis sie endlich zuletzt gänzlich verschwinden. Man bemerkt z. B. die, welche bis 87 und 93° stehen, mit vollkommener Klarheit, ihre Nachbaren immer unbestimmter, endlich die, welche über 50° und 130° hinausliegen, gar nicht. Es ergiebt sich hieraus, daß nicht die Gesammtausdehnung der Bilder, welche irgend eine Stelle der Netzhaut berühren, zur Auffassung gelangt. Wir haben vielmehr einen beschränkten Bezirk des deutlichsten Sehens, um den sich Schichten immer größerer Unklarheit herumlegen, bis endlich jede Möglichkeit einer genügenden Auffassung gänzlich aufhört.

§. 1514. Die auf 90° eingestellte Sehachse trifft die Mitte des gelben Fleckes, der sich in der Leiche, nicht aber in dem Auge eines kurz vorher getödteten Menschen nachweisen läßt. Die 3° jederseitiger Abweichung, welche ungefähr noch dem Bereiche der größten Klarheit entsprechen, nehmen weniger als 1 Mm. Abstand auf der Netzhaut in Anspruch. Es ergiebt sich hieraus, daß der Bezirk des directen deutlichen Sehens dem Mitteltheile des gelben Fleckes angehört, und der der indirecten unklaren Auffassung weiter nach außen liegt. Er ragt in den Netzhautbezirk des deutlichen Sehens.

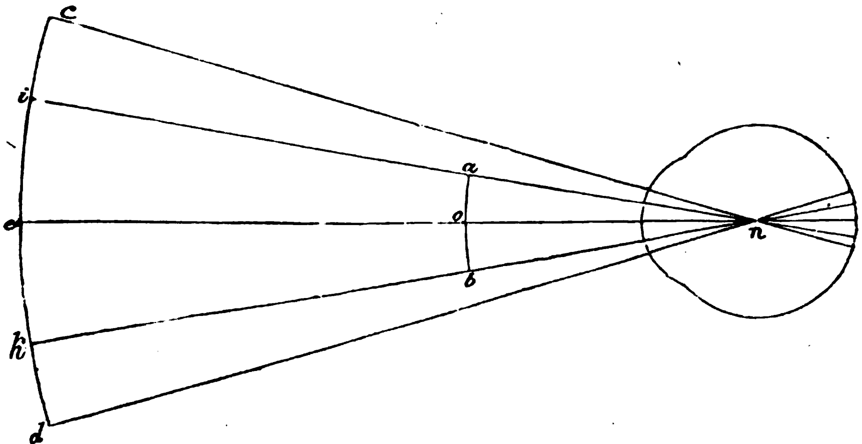
Theil der Netzhaut, der auch nach dem Tode grauweiß bleibt, hinein. Da aber der gelbe Fleck fast allen Thieren mangelt und in dem zarten Kinde erst allmählig zum Vorschein kommt, so folgt, daß diese Färbung, wenn sie selbst schon im Leben vorhanden wäre, keine Grundbedingung der Gesichtsauffassung liefern würde.

§. 1515. Man kann für jetzt nicht angeben, weshalb die Thätigkeit der Netzhaut auf die eben geschilderte Weise eingeschränkt wird. Die Minimalwerthe des Gesichtswinkels und der Netzhautbilder lassen sich eben so wenig theoretisch bestimmen. Die Erfahrung lehrt aber, daß auch hier gewisse Grenzen vorhanden sind, welche die Deutlichkeit der Auffassung oder die Wahrnehmung überhaupt unmöglich machen.

Abhängigkeit des Gesichtswinkels von der Entfernung der Leuchtkörper.

§. 1516. Nehmen wir an, *ab* und *ik*, Fig. 324, seien zwei verschieden große Gegenstände, und *n* der optische Mittelpunkt (§. 1484.)

Fig. 324.



des Auges, so haben jene dessenungeachtet denselben Gesichtswinkel *anb* und Netzhautbilder gleicher Ausdehnung, wenn $on : en = ab : ik$. Ist der nähere Gegenstand *ab* undurchsichtig, so wird er den umfangreicheren *ik* verdecken. Ein noch größerer *cd* kann nur mit seinen Seitenstücken *ci* und *kd* sichtbar bleiben. Wir finden mit einem Worte, daß die Werthe des Gesichtswinkels und des Netzhautbildes von der gegenseitigen Beziehung der Größe und der Entfernung des Leuchtkörpers abhängen. Können nun gewisse Objecte, die zu kleine Gesichtswinkel haben, nicht mehr erblickt werden, so wird dieses bei zu großem Wachsthume der Entfernung, bei zu bedeutender Kleinheit der Gegenstände oder unter der wechselseitigen Verbindung beider Bedingungen eintreten. Die optischen Vorrichtungen, welche diesem Fehler entgegenarbeiten sollen, zerfallen daher auch in zwei Hauptklassen. Die Fernröhre verbessern das Sehen der entfernten und deshalb scheinbar zu kleinen Gegenstände, und die Mikroskope die Erkenntniß derjenigen Körper,

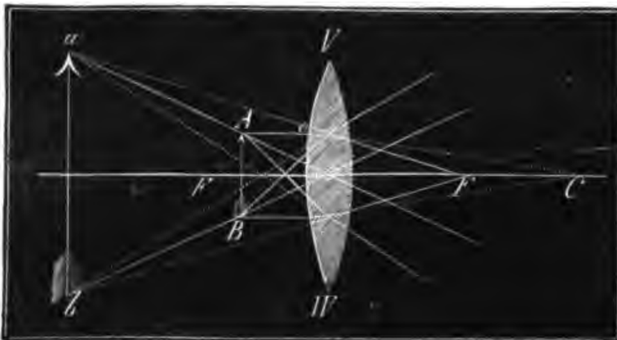
die ihres geringen Umfanges wegen trotz ihrer Nähe nicht mehr erblickt werden.

§. 1517. Das Minimum des Gesichtswinkels hängt nicht bloß von der Stärke der Sehkraft, sondern auch von der Form, der Farbe, der Beleuchtung und dem Glanze des erblickten Gegenstandes ab. Lange und schmale Körper führen durchschnittlich zu günstigeren Ergebnissen. Gelb oder Weiß, die sich auf dunkelem Hintergrunde befinden, glänzende metallische Oberflächen, welche noch auf dem Wege der später zu erwähnenden Irradiation gewinnen, bieten ebenfalls merkliche Vortheile dar. Die Eigenthümlichkeit der Färbung entgeht dann früher, als die Wahrnehmung des Bildes überhaupt. Ein gesundes Auge erkennt im Allgemeinen Gegenstände, deren Gesichtswinkel eine halbe bis eine ganze Minute beträgt, mit Leichtigkeit. Die kleinste lineare Ausdehnung kann sich hierbei zur Entfernung vom Auge, wie 1 zu 5157 verhalten. Es wird dann eine Breite von $1/_{21}$ bis $1/_{22}$ Mm. in einem Abstande von 24 Centimeter wahrgenommen. Wirken die oben erwähnten günstigen Nebenverhältnisse unterstützend ein, so kann das Minimum des Gesichtswinkels auf wenige Secunden herabsinken. Kleinster Gesichtswinkel.

§. 1518. Wenn die optischen Vergrößerungswerkzeuge die kleinen Gegenstände ausgedehnter erscheinen lassen, so heißt dieses, daß sie den Gesichtswinkel erweitern. Die Betrachtung der allgemeinen Einrichtung der Lupen und der Mikroskope wird uns am Besten klar machen, auf welche Weise dieses Ziel erreicht werden kann. Künstliche Vergrößerung des Gesichtswinkels.

§. 1519. Gesetzt, *VW*, Fig. 325, sei eine einfache Lupe und *AB* der kleine Gegenstand, so bringt man diesen zwischen die Linse und den Lupen.

Fig. 325.



Hauptbrennpunkt derselben, *F*, und zwar nicht weit von diesem an, während das Auge so nahe als möglich an *VW* gerückt wird. Man erhält dann das vergrößerte virtuelle Bild *ab* in der Entfernung der natürlichen Sehweite (§. 1472.). Denkt man sich *AB* in diesen Abstand versetzt, so würde es natürlich einen weit kleineren Gesichtswinkel als *ab* darbieten.

§. 1520. Das zusammengesetzte Mikroskop (Fig. 326 [s. f. S.]) besteht aus dem Objectiv *b* und dem Ocular *c*. Jenes kann mehrere Zusammengesetzte Mikroskope.

Linsen und dieses ein Collectiv= außer dem eigentlichen Ocularglase enthalten.

Fig. 326.



Läßt man die verwickelteren Verhältnisse, welche diese zahlreicheren Brechungskörper herbeiführen, unbeachtet, so giebt der kleine Gegenstand *a d* ein reelles, umgekehrtes und vergrößertes Bild *e f*, wenn er sich zwischen der einfachen und der doppelten Hauptbrennweite befindet (§. 1472.). Das Ocular *c* verhält sich aber wieder zu diesem Bilde, wie eine einfache Lupe. Gesetzt, *e f* wäre 10 Mal so groß als *a d*, und *g h* 5 Mal so groß als *e f*, so hätten wir eine 50fache Linearvergrößerung als Endergebniß. Man sieht zugleich hieraus, weshalb die zusammengesetzten Mikroskope starke Vergrößerungen liefern können und das Bild selbst umkehren müssen.

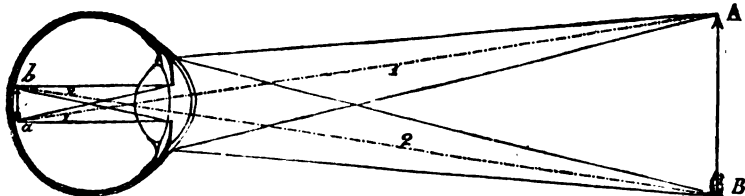
Aufrechtsehen. §. 1521. Das Aufrechtsehen bildet eine eben so räthselhafte Erscheinung, als das Anpassungsvermögen (§. 1493.). Wir haben §. 1477 gefunden, daß sich jeder äußere Gegenstand auf der Netzhaut umgekehrt abspiegelt. Es frägt sich daher, weshalb wir die Gegenstände nicht in dieser, sondern in der richtigen Lage auffassen.

§. 1522. Manche Forscher haben jede Erklärung für überflüssig gehalten. Die Drehung der Erde entgeht uns bei der Betrachtung der einzelnen auf der Erdrinde befindlichen Körper, weil wir und alle hier vorhandenen Massen gleichartig fortbewegt werden. Es fehlt daher jede relative Ortsveränderung. Diese verräth sich erst, wenn wir unseren Standpunkt mit dem der Sonne oder eines anderen Gestirnes, das jene Bewegungsart nicht theilt, zu vergleichen suchen. Da wir alle Gegenstände umgekehrt sehen, so mangeln auch die relativen Unterschiede, die den Fehler verrathen könnten. Diese selbst von Astronomen ersten Ranges getheilte Ansicht hat aber das gegen sich, daß die Tastwerkzeuge die Flächen aufrecht angeben und die nöthigen Augenbewegungen der richtigen und nicht der umgekehrten Lage entsprechen. Sähen wir wahrhaft umgekehrt, so müßte unter diesen Verhältnissen der Widerspruch deutlich zum Vorschein kommen.

§. 1523. Eine andere Erklärung stützt sich auf die Voraussetzung, daß wir die erblickten Punkte in ähnlichen Richtungslinien, in denen sie zur Netzhaut gelangen, nach außen versetzen. Gesetzt, *A B*, Fig. 327, sei der Gegenstand und *a b* das umgekehrte Netzhautbild, so bringen die von *B* kommenden Strahlen 2 in der Richtung von unten nach oben vor. Wird nun der Eindruck in der entsprechenden Richtungslinie *b B* nach außen versetzt, so liefert die umgekehrte Lage des Netzhautbildes die Grundbedingung, weshalb wir die richtigen und nicht die entgegenge=

setzten Stellungsbeziehungen wahrnehmen. Man hätte hier eine angeborene Fähigkeit, deren fernere Erklärung vorläufig dahingestellt bleibt.

Fig. 327.



§. 1524. Die subjectiven Gesichtseindrücke scheinen diese Ansicht bekräftigen zu können. Ein Eingriff, der eine beschränkte Netzhautstelle trifft, führt zu Feuerbildern, die wir nach der entgegensetzten Seite verlegen. Drücken wir einen äußeren Abschnitt der Netzhaut, so sehen wir das Lichtbild in dem inneren Abschnitte des Gesichtsfeldes und umgekehrt.

§. 1525. Es versteht sich von selbst, daß die Annahme einer angeborenen Fähigkeit, deren Gründe uns unbekannt bleiben, nichts erklärt, sondern die Erläuterung um eine Stelle weiter hinausschiebt. Lassen wir aber auch dieses bei Seite, so lehrt die Erfahrung, daß die Oertlichkeitsbestimmung von der Lage des Netzhautbildes nicht immer abhängt. Ein Mensch, der auf dem Kopfe steht, sieht das Dach eines gegenüberstehenden Hauses eben so gut oben, als wenn er sich in der regelrechten aufrechten Lage befände. Dieses beweist wenigstens, daß jene angeborene Fähigkeit, wenn sie vorhanden wäre, den Einflüssen der früher erworbenen Erfahrungskenntnisse weichen müßte. Wir werden aber in der Nervenlehre finden, daß andere Erscheinungen, die von solchen ursprünglichen Einrichtungen herrühren, diese Nachgiebigkeit nicht darbieten.

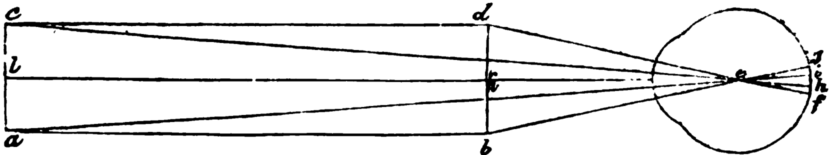
§. 1526. Viele Forscher haben sich auf die sogenannten Muskelgefühle berufen. Wir lernen allmählig, daß wir den Blick nach oben wenden müssen, um das Dach eines Gebäudes, und nach unten, um den Erdboden zu sehen. Dieses macht uns entweder für die Oertlichkeitsverhältnisse der Netzhautbilder gleichgültig oder es verbessert unsere Anschauung, wenn wir ursprünglich umgekehrt sehen. Die §. 1524 erwähnten Erscheinungen der subjectiven Flammenbilder könnten nicht sowohl die Ursache, als die Folge jener Erziehung der Gesichtswerkzeuge darstellen. Manche Gründe lassen sich auch gegen diese Anschauungsweise hervorheben. Es ließe sich erwarten, daß der Widerstreit des Gesichtssinnes und der Muskelverhältnisse oder der Tastempfindungen, bis die Erziehung in dieser Hinsicht vervollständigt worden, im Kinde durchgreifen würde. Die Erfahrung scheint diese Voraussetzung nicht zu bestättigen. Blindgeborene, die ihr Augenlicht wieder erhalten, sehen die Gegenstände auf der Stelle aufrecht.

Verkleinerung des Gesichtswinkels mit der Größe des Abstandes.

§. 1527. So vollkommen auch unsere Gesichtswerkzeuge in mancher Hinsicht arbeiten, so wenig genügen sie in anderer Beziehung. Das Urtheil, das wir über die flächenhafte Ausdehnung eines gesehenen Körpers fällen, hängt von der Größe des Netzhautbildes zunächst ab. Wir bemerken, wie viel wir direct und wie viel indirect sehen (§. 1514.), verlegen die einzelnen, neben einander befindlichen Bildpunkte in eine gewisse Entfernung nach außen und schließen hieraus auf die flächenhafte Ausbreitung der Leuchtmassen. Da wir aber keinen sicheren Maaßstab für den Abstand selbst besitzen, so irren wir häufig genug in auffallender Weise.

§. 1528. Wir wollen annehmen, *ab* und *cd*, Fig. 328, seien

Fig. 328.



zwei parallele Reihen von Bäumen, so erscheint uns der entferntere Abstand *ac* unter dem kleineren Gesichtswinkel *cea* und dem schmaleren Netzhautbilde *ih*, als der nähere *db*, dem die Werthe *db* und *gf* entsprechen müssen. Da sich dieses von Baum zu Baum wiederholt, so kommt es uns vor, als wenn die Parallelreihen *ab* und *cd* der Baumallee nach dem Ende *ca* hin spitzwinkelig zusammenliefen. Manche andere Erscheinungen, wie die scheinbar größere Steilheit eines emporgehenden Bergpfades, den wir aus der Ferne betrachten, das schiefe Hinüberneigen der Spitze eines Thurmes, an dessen Fuße wir stehen, lassen sich aus ähnlichen Ursachen herleiten.

Schätzung der Entfernung.

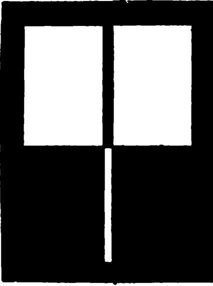
§. 1529. Die Thätigkeit der Gesichtswerkzeuge giebt kein unmittelbares Maaß für die Tiefendimension oder den Abstand der Leuchtkörper. Wir helfen uns daher mit gewissen Nebenerscheinungen, die jedoch häufig genug irre leiten. Wir halten einen Körper, der mehr Lichtstrahlen auf die Netzhaut wirft, der stärker beleuchtet ist oder lebhafter glänzt, für näher als eine Masse, welche diese Vortheile nicht darbietet. Wenn dazwischen liegende Gegenstände, die unserem Blicke auffallen, zum Vergleiche mangeln, so versetzen wir auch die erblickten Leuchtkörper in kleinere Entfernungen. Die Riesenberge der Alpen oder ein Vogel, der über dem offenen Meere oder einer Sandwüste dahinfliegt, pflegen für näher, als sie wahrhaft sind, gehalten zu werden.

Räumliche und zeitliche Ausbreitung des Netzhautbildes.

§. 1530. Der Eindruck, den ein Lichtbild erzeugt, entspricht nicht immer genau dem Raume und dem Zeitwerthe des Netzhautbildes. Die Ausstrahlung oder die Irradiation führt vielmehr zu einer größeren räumlichen Verbreitung und die Dauer der Gesichtsempfindung zu einer zeitlichen Nachwirkung.

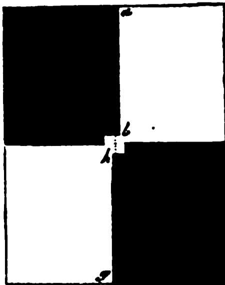
§. 1531. Ein heller glänzender Gegenstand, der sich vor einem dunkelen Hintergrunde befindet, kommt uns breiter, und ein dunkeler auf heller Unterlage schmaler vor. Obgleich der Trennungsstreifen, der die beiden weißen Felder in Fig. 329 sondert, eben so breit als der weiße, der sich zwischen den schwarzen Flächen befindet, ist, so scheint er doch schmaler auszufallen, weil das helle Weiß eine stärkere Ausstrahlung bedingt. Es theilt sich gewissermaaßen die Unruhe der erregten Netzhautgewebe den Nachbargebilden um so weiter mit, je größer der Glanz, d. h. die lebendige Kraft, mit der sie selbst erschüttert werden, auszufallen pflegt. Die Stärke der Täuschung wechselt übrigens mit der Empfänglichkeit der Netzhaut. Sie kann daher nicht bloß in den einzelnen Personen, sondern auch in demselben Menschen zu verschiedenen Zeiten abweichen. Irradiation.

Fig. 329.



§. 1532. Die Fig. 330 abgebildete Vorrichtung bietet ein Mittel dar, um die Größe der Ausstrahlung in einem bestimmten Winkelmaaße auszudrücken. Wir haben hier zwei weiße und zwei schwarze Felder. Die Letzteren überschreiten aber die Mittellinie *bh* um eine gewisse Breite, um den Unterschied von *bh* gegen *ab* und *hg*. Bringt man das Ganze in diejenige kleinste Entfernung, in welcher die in der Mitte befindliche Linie *abhg* eine gerade Linie der Ausstrahlung der weißen Felder wegen zu bilden scheint, so hat man ein rechtwinkeliges Dreieck, dessen eine Kathete der Ueberschuß von *ab* über *bh* und dessen zweite Kathete der Abstand bildet. Man kann hieraus den der Ersteren gegenüber liegenden Ausstrahlungswinkel berechnen. Plateau erhielt auf diese Weise 17 Bogensecunden bis 1 Minute 22 Secunden.

Fig. 330.



§. 1533. Die Dauer des Netzhauteindruckes besteht darin, daß die Gesichtswahrnehmung, welche ein Leuchtkörper erzeugt hat, nach der Entfernung desselben noch eine Zeit lang anhält. Schwingt man eine glühende Kohle, die an einem Drathe aufgehängt worden, im Kreise rasch herum, so macht sie den Eindruck eines feurigen Ringes. Der leuchtende Gegenstand rückt hier zwar von Stelle zu Stelle fort. Die frühere Auffassung bleibt aber eine Zeit lang. Kann nun unterdeß der Leuchtkörper den ganzen Kreis beschreiben, so wird man einen fortlaufenden ruhenden Feuerring statt einer Reihenfolge einzelner Flammenbilder wahrnehmen. Dauer des Netzhauteindrucks.

§. 1534. Man sieht leicht, daß diese Erscheinung die Wahrnehmung der Bewegung zu verhüllen vermag. Wenn man eine Flimmerhaut mit dem nur kurze Zeit anhaltenden elektrischen Funken beleuchtet, so scheinen Auffassung der Bewegung

die einzelnen Härchen still zu stehen. Das zurückbleibende Nachbild vermag aber auch umgekehrt Bewegungen, die nicht mehr gesehen werden sollten, dem Auge vorzuführen. Haben wir einen Wasserfall eine Zeit lang genau betrachtet und werfen dann den Blick auf eine gleichartige Fläche, so kommt es uns vor, als wenn die Ortsveränderung der jetzt gesehenen Theilchen immer noch fortdauerte.

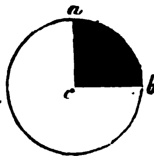
Winkelgröße der bewegten Körper.

§. 1535. Wie jeder ruhende Gegenstand bei einer gewissen Kleinheit des Gesichtswinkels unkenntlich wird, so kehrt das Gleiche für die bewegten Massen ebenfalls wieder. Die auf eine Zeiteinheit bezogene Winkelgröße, die von einem gedrehten Körper beschrieben wird, hängt wiederum von vielen Nebenverhältnissen, dem Glanze, dem Farbengegensatze, den zu Gebote stehenden Vergleichungskörpern u. dgl. ab. Man kann z. B. im Allgemeinen behaupten, daß ein gutes Auge das Fortrücken des Zeigers einer Taschenuhr zu erkennen vermag, wenn die Winkelgröße $1\frac{1}{2}$ Bogenminuten für die Zeitsecunde beträgt, oder der Abstand vom Auge 2292 bis 3438 Mal so viel als der Raum, der in jener Zeiteinheit durchsetzt wird, ausmacht.

Größe der Dauer des Netzhauteindruckes.

§. 1536. Uhrwerke, mittelst deren Scheiben, Cylinder oder Spiegel mit einer gegebenen großen Geschwindigkeit herumgedreht werden, bilden häufig ein wesentliches Hilfsmittel, um Zeiträume, die sich sonst ihrer Kleinheit wegen nicht bestimmen lassen, näher anzugeben. Wir haben schon §. 629 gesehen, daß solche Vorrichtungen für die Ermittelung der Erscheinungen des Blutdruckes mit Erfolg benutzt werden. Manche der hierher gehörenden Fragen lassen sich mit Hilfe dieser Instrumente ebenfalls erledigen.

Fig. 331.



Gesetzt, die Fig. 330 dargestellte Scheibe habe den schwarzen Quadranten *a b c*, während das Uebrige weiß ist, so wird natürlich die Dauer des Netzhauteindruckes $\frac{3}{4}$ der minimalen Umdrehungszeit, bei der das Ganze gleichartig erscheint, ausmachen. Wechselt man mit den einzelnen Farben von *a b c* ab, so hat man auf diese Weise ein Mittel, den Einfluß dieser Bedingung in Zahlenwerthen genauer anzugeben. Plateau fand hierbei 21,2 Zeittertien für die Dauer des Netzhauteindruckes von Weiß auf schwarzem Grunde. Gelb lieferte 21,3, Roth 20,7 und Blau 19,4. Theilte er die Scheibe in eine Reihe gleicher Sectoren, von denen abwechselnd die einen schwarz waren und die anderen eine bestimmte Farbe besaßen, so waren die Zeitwerthe, unter denen die gleichartigen gemischten Farbentöne zum Vorschein kamen, 11,5 Tertien für Weiß, 11,9 für Gelb, 13,9 für Roth und 17,7 für Blau.

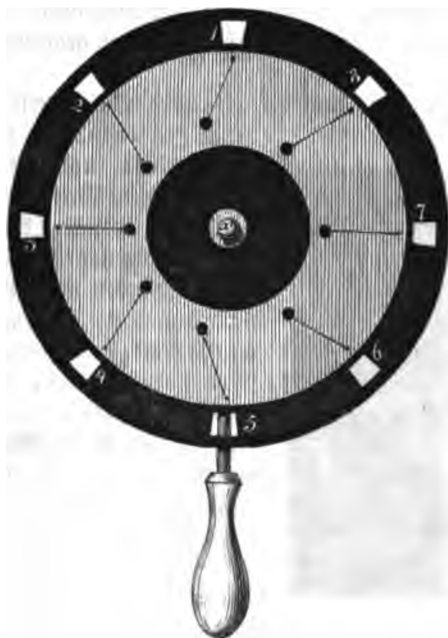
Empfindlichkeit des Auges für Beleuchtungsunterschiede.

§. 1537. Massow benutzte diese Erscheinungen, um die photometrische Empfindlichkeit der Gesichtswerkzeuge zu bestimmen. Denkt man sich, die gedrehte Scheibe besitze einen schwarzen Sector, dessen Ausdehnung $\frac{1}{50}$ des Ganzen beträgt, so wird ein grauweißer Ring bei einer gewissen Geschwindigkeit der Umwälzung wahrgenommen werden.

Dieser besitzt aber eine geringere Helligkeit, als diejenigen weißen Abschnitte der Scheibe, in denen gar keine schwarzen bewegten Flächen in Betracht kommen. Die Grenze der Empfindlichkeit des Auges muß da liegen, wo es den Unterschied nicht mehr bemerkt. Da nun das Grau um so stärker erscheint, je größer die verhältnißmäßige Oberfläche des schwarzen Abschnittes ausfällt, so folgt, daß ein schärferes Auge die Differenzen, welche kleinere dunkele Sectoren bedingen, angeben kann. Der Bruchtheil, den diese von dem Ganzen ausmachen, wird daher den nöthigen Maaßwerth unmittelbar liefern. Massow fand auf diese Weise $^1/_{80}$ bis $^1/_{100}$ für gesunde, mindestens $^1/_{30}$ für schwache und einen noch kleineren Bruchtheil als $^1/_{120}$ für sehr gute Gesichtswerkzeuge.

§. 1538. Die Wunderscheiben bilden eine zweite praktische Anwendung der Dauer des Netzhauteindruckes. Die Fig. 332 dargestellte Scheibe kann um die Mitte x herumgedreht werden. Sie besitzt eine Reihe von Löchern 1 bis 8, die, wenn sie an dem Auge vorübergehen, den Anblick einer gegebenen Zeichnung frei machen. Sieht man dann z. B. acht verschiedene Darstellungen eines schwingenden Pendels, wie sie in Fig. 332 gezeichnet worden, so verbindet sich immer das Nachbild der ersten Zeichnung mit dem auftretenden der zweiten. Es erzeugt sich der Gesammteindruck der Schwingung einer solchen Vorrichtung oder irgend eine andere Bewegung, des Laufens, Springens u. s. f., für welche die entsprechenden Abbildungen berechnet sind. Dieser Apparat dient zwar häufig nur zu optischen Belustigungen. Müller hat ihn aber zweckmäßig benutzt, um die Erscheinungen der Wellenbewegungen, und Savart, um die Formen eines Wasserstrahles anschaulich zu machen. Wunderscheiben.

Fig. 332.



§. 1539. Wir sahen §. 163, daß die verschiedenen Farben durch die Schwingungszahlen, die auf eine gegebene Zeiteinheit kommen, unter einander abweichen. Das äußerste Roth verhält sich in dieser Hinsicht zu dem äußersten Violett wie 1:1,6 oder 1:1,7. Da nun die Octave das Doppelte der Schwingungen des Grundtones liefert (§. 1403.), Skale des Farbensehens.

so ergiebt sich, daß wir weniger als eine Octave der Aetherstöße und zwar ungefähr nur eine Sexte derselben auffassen können.

Mangelhafte Auffassung der Farbenunterschiede.

§. 1540. Wie einzelne Menschen den Rhythmus der Schallbewegungen, d. h. die Eigenthümlichkeiten der Tonhöhen nicht auffassen, so sind andere nicht im Stande, die Schwingungsverhältnisse des Aethers richtig wahrzunehmen. Sie unterscheiden daher die Farben unvollständiger. Manche können ihnen fast gänzlich verborgen bleiben. Die sogenannte Akyanoblepsie und der Daltonismus gehen aus solchen Fehlern hervor. Roth, Blau und Violett, d. h. diejenigen Farben, welche in der Skale der Lichtstärke am Tiefsten stehen und sich gewissermaaßen an den beiden Enden der Reihe der Schwingungszahlen befinden, führen dann am Ehesten zu ungenügenden Auffassungen. Greift der Fehler minder tief durch, so verräth er sich oft Jahre lang nicht, weil die Gleichheit der Sprachausdrücke die Verschiedenheit der Empfindungen verhüllen kann. Der Kranke bezeichnet die ihm anders erscheinenden Farbennuancen mit Worten, die der gesunde Mensch für andere Färbungen zu gebrauchen pflegt.

Mischfarben und Ergänzungsfarben.

§. 1541. Die Mischfarben gehen aus der Mengung zweier verschiedenen Farbennuancen hervor. Gelb und Blau kann auf diese Weise Grün erzeugen. Werden dagegen die sogenannten Ergänzungsfarben wechselseitig verbunden, so kommt weißes Licht zum Vorschein. Man findet die zwei entsprechenden Ergänzungsfarben am Einfachsten, wenn man eine gerade Linie durch die der einen angehörende Stelle des Fig. 333 dargestellten Farbenkreises und den Mittelpunkt desselben legt. Roth hat daher z. B. Grünblau und Gelb Blauviolett.

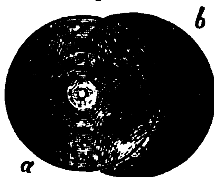
Fig. 333.



Subjective Ergänzungsfarben.

§. 1542. Diese Art von Erscheinungen macht sich häufig genug in den subjectiven und den objectiven Gesichtserscheinungen geltend. Haben wir eine rothe Oblate, die sich auf einem hellweißen Grunde befindet, bis zur Ermüdung des Auges angestarrt und hierauf dem Blicke rasch entzogen, so sehen wir einen neuen gleich großen Kreis, der blaugrün oder in der Ergänzungsfarbe erscheint. Hat man die rothe Oblate *a*, Fig. 334, eine Zeit lang betrachtet und ver-

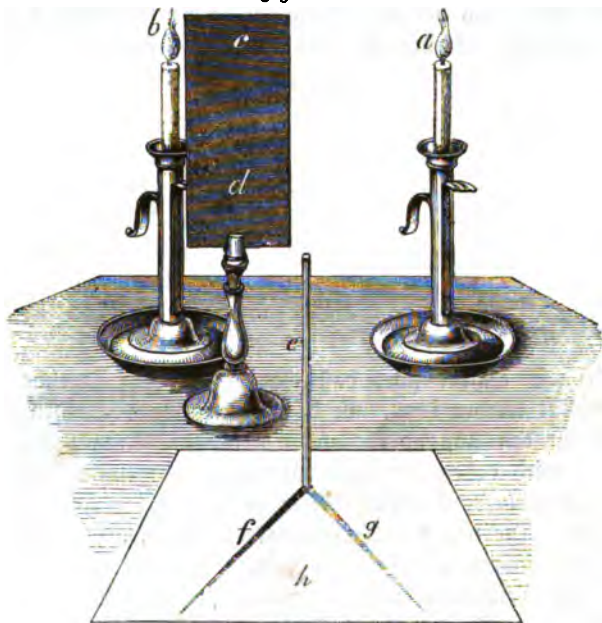
Fig. 334.



rückt dann die Sehachse um eine kleine Winkelbewegung, so bemerkt man den blaugrünen Ergänzungskreis *b*, Fig. 334. Weiß auf schwarzem Grunde giebt später ein dunkeles Nachbild in hellem Felde und umgekehrt.

§. 1543. Die farbigen Schatten liefern eine andere Erscheinungsreihe, die ihrem Wesen nach ebenfalls hierher gehört. Denken wir uns, *a* und *b*, Fig. 335, seien zwei Kerzenflammen, von denen die eine, *a*, Farbige Schatten.

Fig. 335.



ihr Licht ohne Weiteres aussendet, während das der zweiten, *b*, durch ein gefärbtes Glas *cd* geht, so liefert ein aufgestellter Stab *e* zwei Schatten *f* und *g*, welche die gegenseitigen Ergänzungsfarben darbieten. Wir erhalten z. B. auf diese Weise Gelb oder Orange und Blau oder Violett und Gelbgrünlich. Die Färbung des einen Schattens geht natürlich aus der Beschaffenheit des farbigen Glases, aus der Eigenthümlichkeit des objectiven Lichtes hervor. Die zweite Ergänzungsfarbe dagegen rührt von subjectiven Gesichtserscheinungen her.

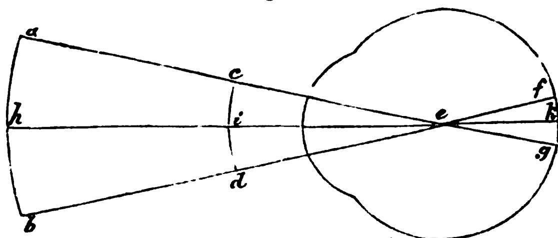
§. 1544. Ist das Auge durch das Anstarren eines glänzenden Gegenstandes geblendet worden, so erzeugen sich eigenthümliche Bilder, in denen die verschiedensten Farben abklingen. Der fortgesetzte Anblick der Sonne oder des lebhaften Spiegelbildes derselben führt zu diesen Erscheinungen mit großer Lebhaftigkeit. Gegenstände, die weniger hell leuchten, liefern zwar ähnliche Folgen. Sie halten jedoch der geringeren Anstrengung halber weniger an. Die Reihenfolge, in der die Farben Lichtphantom.

abklingen, scheint übrigens in den verschiedenen Menschen ungleich auszufallen.

Größe des Ueberblickes des ruhenden Auges.

§. 1545. Wir haben §. 1514 gesehen, daß diejenigen Punkte der Leuchtkörper, die sich an dem hinteren Ende der Sehachse und in dessen nächster Nachbarschaft auf der Netzhaut abspiegeln, am Deutlichsten wahrgenommen werden. Diejenigen, die weiter nach außen folgen, stellen sich immer unklarer dar, bis sie endlich gänzlich verschwinden. Wir haben daher eine gewisse von dem optischen Mittelpunkte (§. 1484.) ausgehende Winkelentfernung, von der die Möglichkeit einer befriedigenden Auffassung wesentlich abhängt. Stellen wir uns vor, *ced*, Fig. 336, bilde diesen

Fig. 336.



Grenzwinkel, so ergiebt sich, daß die Ausdehnung, welche auf diese Weise überblickt werden kann, mit den Entfernungen wachsen muß. Sie beträgt *cd* für den Abstand *ie* und *ab* für die Distanz *he*. Ein gesundes Auge wird daher nur einen Bruchtheil von einem Meter in großer Nähe und mehrere Tausend Meter in unendlicher Ferne überblicken.

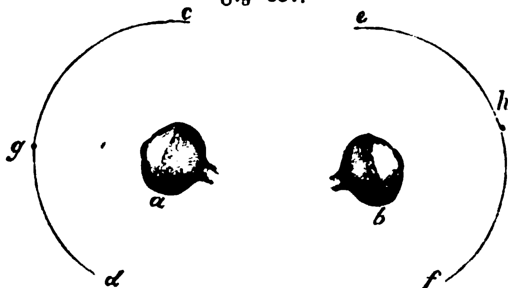
Größe des Blickes des bewegten Auges.

§. 1546. Die von den Augenmuskeln abhängigen Augenbewegungen (§. 1439.) führen gleichsam die Auffassungsfläche um den Drehpunkt (§. 1442.) des Gesichtswerkzeuges herum. Der Mensch erspart auf diese Weise viele andere Stellungsverbesserungen, welche die übrigen Muskelmassen des Körpers sonst übernehmen müßten. Die wagerechte Bogenbewegung, welche die Augenmuskeln möglich machen, beträgt ungefähr 110° und die senkrechte 100°.

Gesichtskreis.

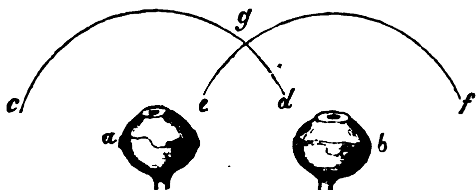
§. 1547. Denkt man sich die beiden Augen *a* und *b*, Fig. 337, seitlich gestellt, wie dieses in den meisten Thieren der Fall ist, so bleibt es möglich, daß die Gesichtskreise oder die Horopteren *dgc* und *fhe*, d. h. die Bezirke der möglichen Auffassung, vollständig getrennt liegen. Ein Gegenstand *g* wird dann nur von *a*, und *h* nur von *b* wahr-

Fig. 337.



genommen. Stehen hingegen beide Augen nach vorn, so können sich die Bezirke der Gesichtskreise *cgd* und *egf*, Fig. 338, in *g* schneiden. Wir erhalten dann einen mittleren Bezirk, dessen Leuchtpunkte ihre Bilder auf empfänglichen Stellen der beiden Netzhäute entwerfen, oder einen gemeinschaftlichen Gesichtskreis.

Fig. 338.

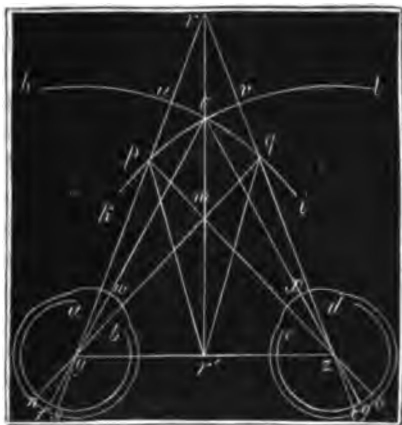


§. 1548. Dieser zweite Fall übernimmt eine Hauptrolle in den Gesichtserscheinungen des Menschen und vieler Thiere. Das Sehen mit zwei Augen hat dann nicht zum Zweck, zwei verschiedene Anschauungen gleichzeitig zum Bewußtsein zu bringen. Es soll vielmehr eine einfache Anschauung klarer machen, nicht aber die augenblickliche Thätigkeit durch eine unzweckmäßige Vielseitigkeit verwirren helfen.

§. 1549. Wir wollen uns vorstellen, *y* und *z*, Fig. 339, seien die beiden Drehpunkte des linken und des rechten Auges und *rr'* die in der Querebene derselben dahingehende Mittellinie des Antlitzes. Hat man drei Leuchtpunkte, *r*, *e* und *m*, in dem Verlaufe von *r r'* aufgestellt, so hängt es von der Stellung der Leitlinien oder der Verlängerung der Sehachsen ab, was einfach und mit größerer Schärfe und was doppelt und unbestimmter erblickt wird. Stehen die Leitlinien in *ef* und *eg* so, daß *wf* und *xg* den Sehachsen entsprechen, und befindet sich *e* innerhalb der Grenzen der Sehweite (§. 1489.), so zeigt sich *e* vollkommen klar und einfach. *r* und *m* dagegen kommen als verwaschene Doppelbilder zum Vorschein. Drei Fäden oder drei Stecknadeln, die auf einem passenden Visirlineale aufgestellt worden, können dieses Gesetz am Besten versinnlichen. Ein mit empfänglicheren Gesichtswerkzeugen ausgerüsteter Mensch braucht nur einen der beiden hinter einander befindlichen Zeigefinger genau in das Auge zu fassen, um den zweiten doppelt zu sehen.

Einfach- und Doppelsehen mit zwei Augen.

Fig. 339.



§. 1550. Der Punkt *e*, Fig. 339, liegt in der Mittellinie *rr'*. Die Leitlinien *ef* und *eg* haben deshalb auch die gleiche Länge. Beide

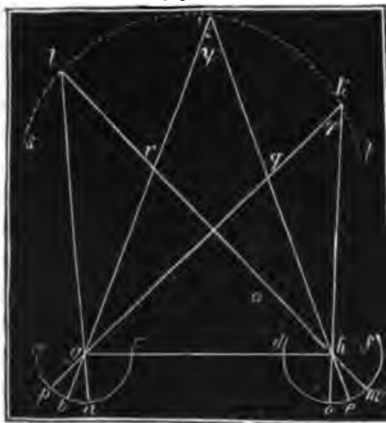
Augen arbeiten hier für dieselbe Entfernung. Da aber die Sehweite den Unterschied des Nahe- und des Fernpunktes umfaßt (§. 1489.), so kann auch ein seitlicher Punkt p (Fig. 339, S. 495.) deutlich und einfach erblickt werden, wenn nur pg den Abstand des Fernpunktes oder pf den des Nahepunktes nicht überschreitet.

§. 1551. Man sieht leicht, daß die ursprüngliche Tiefe der Sehweite (§. 1489.), die Nebenhilfe des Anpassungsvermögens (§. 1488.) und die nicht sphärische Form der Augenlinsen (§. 1483.) den Bezirk, innerhalb dessen ein deutliches Einfachsehen mit zwei Augen möglich bleibt, wesentlich bedingen können. Man stößt auf keine Fläche, sondern auf eine gewisse Raumtiefe, auf eine bestimmte, die drei körperlichen Durchmesser umfassende Ausdehnung, deren mathematische Form sich selbst nicht im Allgemeinen vorläufig angeben läßt. Viele Forscher haben aber die hier in Betracht kommenden Erscheinungen mit Hilfe mancher Annahmen, die der Wahrheit gar nicht oder nur annähernd entsprechen, zu vereinfachen gesucht.

Hypothetische Form des Gesichtskreises.

§. 1552. Gesetzt, l, i und k, Fig. 340, seien drei Punkte, die einfach und klar mit beiden Augen erblickt werden, so wäre es möglich, daß die äußeren Richtungswinkel x, ψ und φ, d. h. die von den Leitlinien gebildeten Winkel unter einander gleich ausfallen. Die Linie des Gesichtsfeldes $slikt$ müßte dann einem Kreisabschnitte entsprechen. Wenn sich dagegen die Verhältnisse so gestalten, daß die Summe je zweier Leitlinien von den Drehpunkten an gerechnet eine beständige Größe lieferte, daß $gl + lh = gi + ih = gk + kh = C$ wäre, so müßte $slikt$ einer Ellipse, die ihre Brennpunkte in g und h hat, entsprechen. Viele neuere Forscher haben am Einfachsten angenommen, daß die Linie des Gesichtskreises dem Bogenabschnitte eines Kreises angehöre, der natürlich einer geraden Linie für eine unendliche Entfernung gleichgesetzt werden könnte. Es ergiebt sich aber von selbst, daß diese in ihrer Grundlage unrichtige oder wenigstens unsichere Voraussetzung keine ferneren zuverlässigen Folgerungen zu gestatten vermag.

Fig. 340.



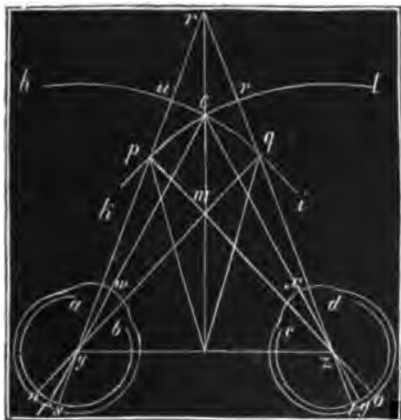
Uebereinstimmende Netzhautstellen.

§. 1553. Wir wollen voraussetzen, lik, Fig. 340, sei ein Abschnitt des Bezirkes, den man mit beiden Augen einfach und deutlich (§. 1549.) sieht, wenn sich die Verlängerungen der Sehachsen in i schneiden. Die hinteren Enden der Sehachsen liegen dann in b und e. Der ebenfalls noch einfach erblickte Punkt k spiegelt sich in p und o, d. h. in dem linken Auge nach außen von dem hinteren Ende b der Sehachse, in dem

rechten dagegen nach innen von ihm in *e ab*. *l* führt zu einem ähnlichen Gegensatze, nur daß sich die Lage für jedes der beiden Augen umkehrt. Die entsprechenden Netzhautbezirke *p* und *o* oder *n* und *m* heißen identische oder übereinstimmende Stellen, weil die Gleichheit der sie berührenden Spiegelbilder einen einfachen Eindruck nach sich zieht.

§. 1554. Kehren wir zu den §. 1549 erläuterten Thatsachen zurück, so erscheint der in den Grenzen der Sehweite befindliche Punkt *e*, Fig. 341, einfach, wenn die Leitlinien *ef* und *eg* in ihm zusammentreffen. *f* und *g* sind daher die hinteren Enden der Sehachsen. Der doppelt gesehene Punkt *m* spiegelt sich in *n* und *o* und der ebenfalls zweifach erblickte Punkt *r* in *s* und *t* ab, d. h. in beiden Augen entweder nach außen oder nach innen von den hintersten Enden *f* und *g* der zwei Sehachsen *wf* und *xg*. *n* und *o* oder *s* und *t* sind daher nicht identische oder nicht übereinstimmende Netzhautstellen.

Fig. 341.



Man sieht leicht, daß das Schielen (§. 1450.) zur Auffassung von Doppelbildern führen kann, weil die Abweichung des einen Auges das Bild auf einen nicht identischen Punkt fallen läßt. Kranke der Art vernachlässigen daher häufig die Anschauung des leidenden Auges. Dieses wird nach und nach stumpfsinniger.

§. 1555. Die einfachsten Bedingungen würden darin bestehen, daß die Linie des Gesichtskreises *slikt*, Fig. 342, einen Bogenabschnitt eines mathematischen Kreises und jedes Auge eine Kugel, deren Drehpunkt *g* oder *h* im Mittelpunkte liegt, darstellt. Die übereinstimmenden Netzhautstellen *p* und *o* oder *n* und *m* lägen daher in gleich großen Entfernungen von den hinteren Enden der Sehachsen. Nur die Ortsbeziehungen von diesen fielen entgegengesetzt aus.

Fig. 342.



Wettstreit der Gesichtsfelder.

§. 1556. Man kann sich in einem einfachen Versuche überzeugen, daß jedes Auge seine Anschauung ursprünglich dem Hirne mittheilt und daß erst hier die Einheitsverbindung zu Stande kommt.

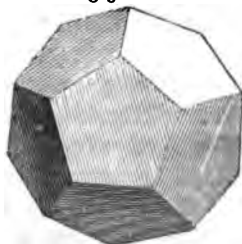
Halten wir uns eine Röhre von passender Länge vor jedes der beiden Gesichtswerkzeuge, so sehen wir die zwei Mündungen gesondert, wenn deren Achsen nahebei parallel stehen. Lassen wir sie nun allmählig convergiren, so rücken die Oeffnungen immer näher zusammen. Geht die Länge der Röhren über die Grenzen der Sehweite nicht hinaus, so findet man zuletzt eine Stellung, in der man nur einen einzigen mittleren Ausgangskreis erblickt. Die Mittelpunkte der beiden Kreislöcher liegen dann in dem Verlaufe der Leitlinien, die sich in einem der Sehweite entsprechenden Punkte kreuzen. Die übrigen Stellen fallen auf übereinstimmende Netzhautorte. Die einfache Anschauung erklärt sich dann aus den früher erwähnten Thatsachen. Versieht man nun die Mündung des einen Rohrs mit einem gelben und die des zweiten mit einem blauen Glase, so erscheint die einfache Ausgangsöffnung fast nie in der grünen Mittelfarbe. Man sieht sie vielmehr bald gelb und bald blau oder es herrscht die eine Grundfarbe an diesem und die zweite an jenem Orte vor. Man nennt diese Erscheinung den Wettstreit der beiden Augen oder der doppelten Gesichtsfelder. Die mannigfachen hierbei zum Vorschein kommenden Wechselerscheinungen hängen von den Einflüssen der Lichtstärke, der Färbungsweise, der Entfernung, der Anpassung des Auges und der Aufmerksamkeit ab.

Stereoskopische Anschauung.

§. 1557. Wir haben schon früher (§. 1529.) bemerkt, daß das Auge die Flächenverhältnisse bei Weitem sicherer, als die Tiefendimension beurtheilen kann. Da die Auffassung der Körperlichkeit die Erkenntniß aller drei Raumdurchmesser voraussetzt, so müssen gewisse Nebenbedingungen, wenn das Auge den Forderungen genügen soll, zu Hilfe kommen. Ursprüngliche organische Einrichtungen und Erfahrungslehren verbinden sich hier in vielen Fällen, um zu dem vorliegenden Endziele überzuführen.

§. 1558. Es versteht sich von selbst, daß ein einziges Auge einen Körper als solchen erkennen kann. Die bloße Zeichnung eines Pentagondodekaeders, wie es Fig. 343 darstellt, erscheint dann schon körperlich und zwar um so deutlicher, je mehr wir die Hornhaut dem Bilde näheren oder alle seitlichen Eindrücke abhalten. Erblicken wir Fig. 343 durch eine Papierröhre, so werden wir den Einfluß dieses letzteren Umstandes sogleich bestättigt finden.

Fig. 343.



§. 1559. Betrachtet man zwei entsprechende Reliefzeichnungen mit beiden Augen, so erhöht sich der Eindruck der Körperlichkeit in bedeutendem Grade, so wie die entsprechenden Stellen der Abbildung überstimmende Netzhautbezirke anregen. Die Stereoskope, welche Wheastone in die Wissenschaft zuerst einführte, liefern deshalb eine Reihe der eigenthümlichsten Erscheinungen. Wir wollen uns die

vorzüglichsten, hier in Betracht kommenden Thatsachen an dem von Gerber verfertigten Stereoskope klar machen.

§. 1560. Denkt man sich einen abgestutzten Drathkegel in der gehörigen Entfernung der Sehweite und gerade in der Mitte vor beiden Augen aufgestellt, so würde ihn das linke allein so sehen, wie ihn *L*, Fig. 344, und das rechte, wie ihn *R* wiedergiebt. Solche Doppelzeichnungen passender Körper liefern die Grundlage der stereoskopischen Betrachtungen. Die Fig. 345 abgebildete Vorrichtung besteht aus einem Kasten, der nach Verschiedenheit der Sehweite zusammengeschoben oder verlängert werden kann. Stereoskop.

Fig. 344.

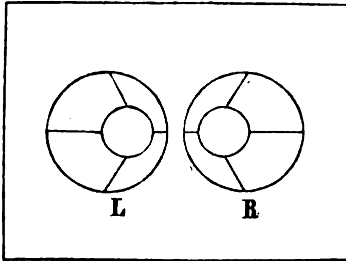


Fig. 345.

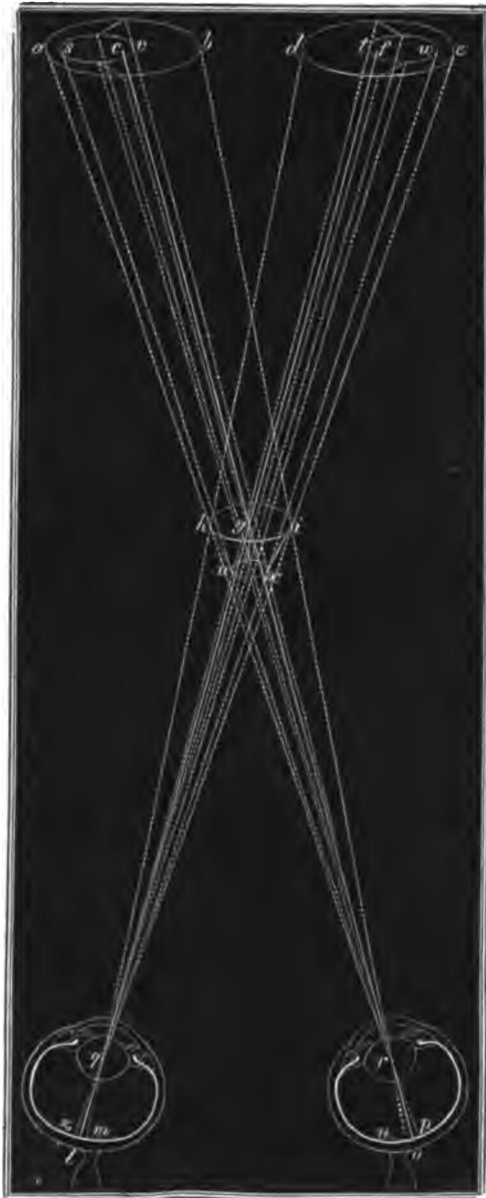


Die vordere Wand hat einen Nasenausschnitt *b* und zwei über ihm befindliche Augenlöcher. Die Fig. 344 dargestellte Zeichnung wird über den Letzteren angebracht. Ihre beiden Figuren bilden sich in einem an der Hinterwand aufgestellten Doppelspiegel ab. Dieser besteht aus zwei Gläsern, die unter einem sehr stumpfen Winkel convergiren oder divergiren. Je eine Zeichnung fällt dann in ein Auge. Ist aber die Entfernung so gewählt, daß die entsprechenden Orte übereinstimmende Netzhautstellen berühren, so erblickt man einen mittleren vollkommen körperlichen Drathkegel. Die beiden oben erwähnten Spiegelarten führen dann zu entgegengesetzten Anschauungen. Die Abstumpfungsfläche des Drathkegels ist demgemäß dem Menschen zu- oder abgewandt.

§. 1561. Fig. 346 (s. f. S.) kann uns die Verhältnisse, welche diesem Versuche zum Grunde liegen, näher versinnlichen. Wir wollen nämlich die Einschaltung der Spiegel und die hierdurch bedingten Reflexionserscheinungen der Einfachheit wegen bei Seite lassen. Wir müssen daher annehmen, daß die Zeichnungen ohne Weiteres vor dem Auge liegen, sich aber dabei so verhalten, wie die Spiegelbilder, von denen je eines seine Strahlen den nöthigen Netzhautbezirken des entsprechenden Gesichtswerkzeuges zusendet. Denken wir uns, die Verlängerungen der Sehachsen, *co* und *fl*, Fig. 346, träfen die beiden Mittelpunkte der größeren Kreise *c* und *f*, so werden diese als einfacher Punkt *g* und zwar an der Stelle, an der sich die Leitlinien *co* und *fl* schneiden, wahrgenommen. *a* hat die Richtungslinie *ap* und *d* die *dm*. Beide treffen also die identischen Netzhautstellen *m* und *p*. Sie werden deshalb wiederum in dem Durchschnittspunkte *h* einfach erblickt. *b* und *e* erscheinen aus demselben Grunde in *i*. Da sich das Gleiche Punkt für Punkt wiederholt, so erhält man den einfachen Grundflächenkreis *hi*, dessen Cen-

trum *g* ist. Führt man die gleiche Construction für die kleineren Kreise durch, so findet man ebenfalls einen Mittelkreis, der vor oder hinter dem

Fig. 346.



Grundflächenkreise zu liegen kommt, je nachdem das Auge die für dasselbe bestimmte Einzelzeichnung oder die entgegengesetzte wahrnimmt. Die Zwischenlinien führen Punkt für Punkt zu entsprechenden Seitenlinien. Die räumliche Anschauung des abgestutzten zu- oder abgewandten Kegels *hixu* kann auf diese Weise geometrisch zusammengesetzt werden.

Geometrische Construction der Bilder beider Augen

§. 1562. Man sieht leicht, daß diese Darstellung an allen Einwürfen, welche der einfachen Annahme identischer Netzhautpunkte des kugelförmigen Auges entgegengestellt werden können, ebenfalls leidet. Sie vermag aber dessenungeachtet klar zu machen, daß eine ihren Ursachen nach unbekannte Einrichtung unerbittlich nöthigt, die Anschauungen, welche übereinstimmende Netzhautbilder liefern, in denjengen Ort des Raumes, in dem sich die Leitlinien durchkreuzen, überzutragen. Wir erkennen hierdurch unmittelbar die Körperlichkeit, die wir zur Erläuterung des Gesagten nur mit Mühe auf geometrischem Wege klar zu machen im Stande sind.

Deutlichkeitsunterschiede der einzelnen Körperflächen.

§. 1563. Bleiben die Sehweiten und der Einfluß der größten Aufmerksamkeit auf einen einzelnen Bezirk oder selbst nur auf den Ort, in welchem sich die Leitlinien kreuzen, beschränkt, so muß man die übrigen

Theile des körperlichen Kegels undeutlicher wahrnehmen. Die genauere Prüfung lehrt, daß dieses in der That der Fall ist. Etwas Aehnliches kehrt auch für die Auffassung der wahren Körper wieder.

Stereoskopische Ausgleichung der Ergänzungsfarben.

§. 1564. Wir haben §. 1556 gesehen, daß sich der Wettstreit der beiden Gesichtsfelder für die Farbeneindrücke geltend zu machen pflegt. Läßt man eine gewöhnliche Farbe auf die Netzhaut des einen und deren Ergänzungsfarbe auf übereinstimmende Stellen des zweiten Auges fallen, so erhält man fast nie Weiß als eine einfache Anschauung. Dieses unglückliche Ergebniß rührt nur davon her, daß die sorgfältigste Auswahl alle nöthigen Bedingungen der vollständigen Ergänzung in der Regel nicht erfüllt. Gebraucht man dagegen Ergänzungsfarben, die von polarisirtem Lichte (§. 175.) oder von farbigen Schatten (§. 1543.) herrühren, so gelangt man eher zum Ziele. Das Weiß, das man dann erblickt, lehrt aber, daß sich die Einheitsverbindung der Anschauungen beider Augen nicht bloß auf die Orte im Raume, sondern auch auf die Auffassung des Wellenrhythmus bezieht. Die zwei Ergänzungsfarben verbinden sich dann so, daß wir keinen entschiedenen Rythmus, d. h. keine einzelne Färbung wahrzunehmen vermögen.

Subjective Gesichtserscheinungen.

§. 1565. Wie sich die Chromasie (§. 161.) des Auges nur in manchen passenden künstlichen Versuchen schärfer geltend macht (§. 1511.), in dem gewöhnlichen Sehen dagegen in den Hintergrund tritt, so wiederholt sich etwas Aehnliches für manche subjectiven Gesichtserscheinungen, welche die nothwendigen Folgen der gegebenen Einrichtung der Augenlinsen und der Netzhaut bilden. Andere dagegen, die aus krankhaften Verhältnissen hervorgehen, können sich schon im gewöhnlichen Leben deutlich verrathen.

Haidinger'sche Lichtbüschel.

§. 1566. Läßt man einen Menschen, dessen Auge die nöthige Empfänglichkeit besitzt, durch ein Nicol'sches Prisma (Fig. 36, S. 60.) gegen den grauen Himmel sehen, so bemerkt er zuerst zwei gelbe Büschel, welche in der Richtung des großen Durchmessers (Taf. I. Fig. XIII. a. b.) des Querdurchschnittes des Prisma liegen. Man nennt diese Gebilde die Haidinger'schen Lichtbüschel. Taf. I. Fig. XIII. sucht sie näher zu versinnlichen. Es muß jedoch bemerkt werden, daß der in jener Abbildung durchgeführte farbige Ueberdruck es unmöglich machte, die Farbe so schwach hingehaucht, als sie sich in der Natur zeigt, darzustellen. Empfängliche Gesichtswerkzeuge bemerken überdies noch zwei der kleinen Diagonale (Taf. I. Fig. XIII. c. d.) entsprechende violette Büschel, die aber eine zu bläuliche Färbung in der Abbildung bekommen haben.

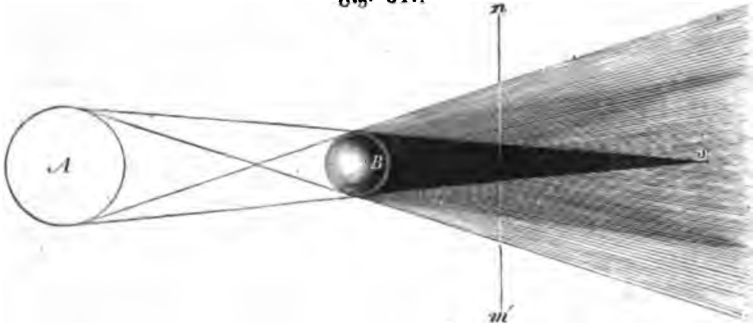
§. 1567. Manche Menschen bedürfen nicht einmal ein Nicol'sches Prisma, um die Büschel wahrzunehmen. Andere sehen sie fast nie, wenn sie sich auch dieses optischen Hilfsmittels oder einer anderen Vorrichtung, der dichroskopischen Lupe, bedienen. Die Uebung scheint übrigens auch hier ihre Einflüsse geltend zu machen. Ich sehe wenigstens die Erscheinung und zwar in der Taf. I. Fig. XIII. abgebildeten Form gegenwärtig bei Weitem deutlicher, als dies vor einigen Jahren der Fall war.

Anhaltende Versuche brachten mich so weit, daß ich oft kein Prisma zur Wahrnehmung der Büschel nöthig habe.

§. 1568. Die gelben Büschel fallen in diejenige Richtung, in welcher die Aethermolecüle der das Prisma durchsetzenden außerordentlichen Strahlen (§. 170.) hin und her schwingen. Man kann daher auch die Polarisationsebene anderer polarisirender Körper mit Hilfe jener Erscheinung ohne Weiteres erkennen. Der Grund dieser subjectiven Wahrnehmung liegt in den polarisirenden Wirkungen, welche die einzelnen geschichteten Brechungskörper des Auges auszuüben vermögen. Das Gelbe und das Blauviolett bilden dabei ergänzende Polarisationsfarben (§. 175.).

Schattenbilder. §. 1569. Ist *A* Fig. 347 ein leuchtender und *B* ein undurchsichti-

Fig. 347.



ger Körper, so hemmt dieser den Fortgang einer gewissen Menge von Lichtstrahlen. Wir erhalten auf diese Weise den Kernschatten *Bs* und den nach außen von ihm angegebenen Halbschatten. Jener wird eine um so größere Ausdehnung in Anspruch nehmen, je mehr sich der Schirm *nm'* dem undurchsichtigen Körper *B* annähert.

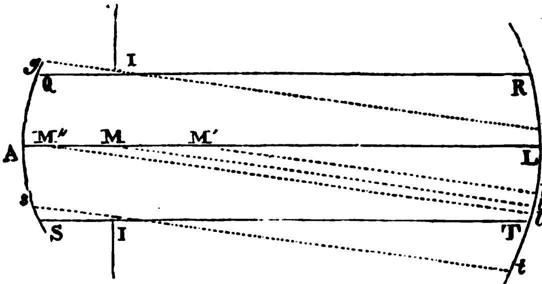
§. 1570. Undurchsichtige, in den Augenlinsen befindliche Gebilde müssen ähnliche Wirkungen ausüben. Die Netzhaut übernimmt aber hierbei die Rolle des Schirmes *nm'*. Sie werden daher einen um so stärkeren Kernschatten abwerfen, einen bestimmten Bezirk des Gesichtsfeldes um so mehr verdunkeln, je weniger sie von der Nervenhaut selbst entfernt liegen. Ausgedehnte Trübungen der Hornhaut, wie sie bei Staphylomen vorkommen, Verdunkelungen der Krystallinse, wie sie den grauen Staar bedingen, führen auf diese Weise mittelbar zur Blindheit. Die Netzhaut kann dessenungeachtet ihre Kräfte Jahre lang bewahren.

Fliegende Mücken. §. 1571. Manche entoptische Erscheinungen, von denen man einen großen Theil mit dem Namen der fliegenden Mücken zu bezeichnen pflegt, rühren nur von solchen Beschattungskörpern und andere von kleinen das Licht reflectirenden Gebilden, die sich in den Augenlinsen selbst befinden, her. Einzelne von ihnen behaupten ihren bestimmten Ort unter allen Verhältnissen. Viele dagegen ändern ihn bisweilen von selbst oder unter

dem Einflusse der Augenbewegungen. Man unterscheidet daher zunächst die fixen und die beweglichen entoptischen Massen oder Schattenkörper.

§. 1572. Es ergiebt sich von selbst, daß die fixen entoptischen Figuren oder die dunkeln Flecke des Gesichtsfeldes, die von örtlichen Lähmungen der Netzhaut herrühren, gewisse von den Bewegungen des Augapfels abhängende Ortsveränderungen darbieten können. Sieht man durch eine kleine Oeffnung eines Schirmes gegen den grauen Himmel oder eine andere sehr entfernte gleichmäßig beleuchtete Oberfläche, so hat man die nöthige Vorbedingung, unter welcher viele der bald zu erwähnenden entoptischen Bilder zum Vorschein kommen. Die Bündel paralleler Lichtstrahlen, welche die Hornhaut treffen, dringen dann durch das Sehloch, um eine entsprechende Stelle der Netzhaut zu beleuchten. Nimmt man nun an, *QAS*, Fig. 348, sei die Hornhaut, *II* die Pupillenöffnung und *Rt* die Netzhaut, so wird der Ort des Beleuchtungskreises von der Stellung der Netzhaut abhängen. Liegt die Sehachse in *AL* und sind in ihrem Verlaufe drei gleiche Schattenpunkte, *M*, *M'* und *M''* vorhanden, so werden sie nur ein Schattenbild in *L* entwerfen. Wendet man dagegen den Blick nach oben, so daß *ML* in *Ml* übergeht, so erhält man drei verschiedene Anschauungen. *M*, das in der Ebene des Sehloches selbst liegt, erscheint in *l*, *M'* in *l'* oder oben und *M''* in *l''* oder unten. *M'* hat daher eine entsprechende, *M''* aber eine entgegengesetzte Ortsveränderung herbeigeführt. Die Größe der Verrückung muß von der Entfernung der Schattenkörper von der Netzhaut unter sonst gleichen Verhältnissen abhängen. Listing hat diese Erscheinung zu benutzen gesucht, um den Sitz der entoptischen Körperchen näher zu bestimmen. Brewster und vorzüglich Donders bedienten sich zweier kleinen Oeffnungen, um Doppelbilder jener Theile zu erzeugen und aus deren gegenseitigem Abstande auf die Lage der Letzteren zurückzuschließen.

Fig. 348.



§. 1573. Kleine schleimigte Thränenbäche, die an der Außenfläche der Hornhaut herabrinnen, führen bisweilen zu Anschauungen, wie sie in 2, Fig. 349 (s. f. S.), angedeutet sind. Sieht man eine Zeit lang durch eine enge Spalte oder eine schmale Oeffnung gegen einen hell beleuchteten Hintergrund, oder hat man sein Auge mit mikroskopischen Untersuchungen angestrengt, so bemerkt man eine Reihe von Fäden (Fig. 349 [s. f. S.]), eine Körnchenmosaik, einzelne runde Körperchen Entoptische Figuren.

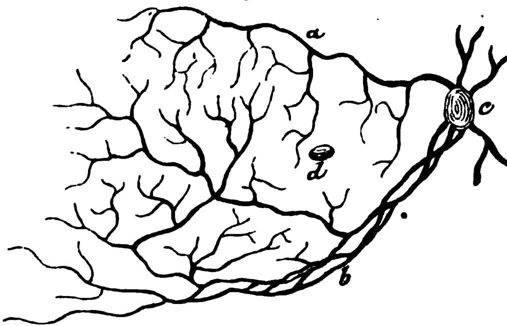
(1, Fig. 349.), Perlenschnüre u. dergl. Man hat die Schattengebilde, von denen diese Erscheinungen abhängen, in die verschiedensten Orte, in die wässerige Feuchtigkeit, die Linse, den Glaskörper, die Körnerschicht der Netzhaut und die Jacob'sche Haut zu versetzen gesucht. Diejenigen, die jedes gesunde Auge sieht, rühren wahrscheinlich von Theilen her, welche der Netzhaut sehr nahe, wo nicht in deren eigenem Bereiche liegen.

Fig. 349.



Aderfigur. §. 1574. Die Blutgefäßstämme, die an der Eintrittsstelle des Sehnerven durchdringen und sich auf der inneren Oberfläche der Netzhaut ausbreiten (Taf. I. Fig. XIV.), kommen als sogenannte Aderfigur im subjectiven Gesichtsfelde ebenfalls zum Vorschein. Hat man das eine Auge geschlossen und starrt mit dem anderen nach dem dunkelen Hintergrunde eines sonst finsteren Zimmers, während man die Flamme eines Kerzenlichtes so nahe als möglich vor den Augenlidern hin und her bewegt, so erhält man eine Anschauung, wie es Fig. 350 anzudeuten sucht. *c* entspricht der Eintrittsstelle des Sehnerven und *d* dem Bezirke des hinteren Endes der Sehachse. Die Gefäßbilder *a* und *b* liegen entgegengesetzt, wie die Gefäßröhren, von denen sie herrühren. Da sie nach außen verlegt werden (§. 1545.), so erscheinen sie, gleich den übrigen entoptischen Gebilden, mehr oder minder stark vergrößert.

Fig. 350.



Schattenfäden. §. 1575. Dunkele Körper, wie Blutergüsse, Pigmentabsätze oder ähnliche Gebilde, die sich unmittelbar vor der Netzhaut befinden, müssen zu bleibenden Lücken in dem Gesichtsfelde führen. Während aber diese Wirkungen nur aus krankhaften Ausnahmserscheinungen hervorgehen, besitzt jeder Mensch einen Bezirk seines indirecten Gesichtsfeldes (§. 1514.), für den die Möglichkeit der Auffassung hinwegfällt. Der Mariotte'sche Versuch kann diese Behauptung am Leichtesten beweisen.

Mariotte'scher Versuch. §. 1576. Richtet man z. B. die Sehachse des linken Auges gerade auf *b*, Fig. 351, so wird man bald eine Entfernung, in der man *a*

Fig. 351.

+ a b

gar nicht, *c* dagegen in einem undeutlichen Nebelbilde innerhalb des indirecten Gesichtsfeldes wahrnimmt, auffinden können. Es muß daher eine Stelle der Netzhaut, welche für die objective Wahrnehmung blind ist, diesseit der Größe der möglichen Auffassung (§. 1513.) vorhanden sein. Eine nähere Betrachtung lehrt, daß die Lücke des Gesichtsfeldes 13° bis $17\frac{1}{2}^{\circ}$ nach außen von der Sehachse liegt. Ihre Bilder werden daher die Netzhaut nach innen von dem hinteren Ende der Sehachse in einer entsprechenden Entfernung berühren. Diese fällt aber in die Gegend der Eintrittsstelle des Sehnerven.

§. 1577. Manche Forscher glaubten annehmen zu können, daß der ganze Durchgangsbezirk des Sehnerven unempfänglich sei, weil er allein alle Nervenelemente, die das Sehen fodert, noch nicht enthält. Andere dagegen erklärten den Mariotte'schen Versuch am Einfachsten daraus, daß die Blutgefäßstämme die Mitte der Eintrittsstelle des Sehnerven durchbohren (Taf. I. Fig. XIV.). Man hat daher hier eine Lücke, für welche die zur Auffassung nöthigen Nebenbedingungen von selbst hinwegfallen.

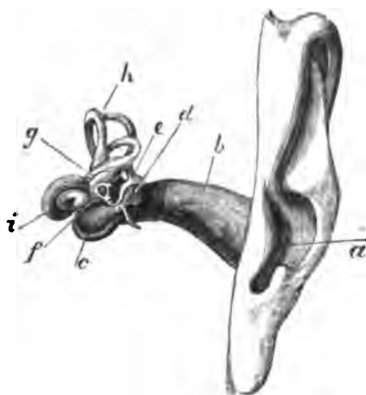
Die Hindernisse, auf welche die genaue Berechnung der Größen der Netzhautbilder stößt (§. 1483.), machen hier jeden unzweifelhaften Beweis von vorn herein unmöglich. Man hat überdies nur den Abstand der blinden Stelle der Netzhaut von dem hinteren Ende der Sehachse in dem lebenden Auge bestimmt. Die nöthige Controlle der entsprechenden Entfernungen der einzelnen Netzhautstellen konnte bis jetzt in der Leiche des gleichen Individuums nicht vorgenommen werden. Hält man sich an die gewöhnlichen Maaßangaben, so gelangt man zu dem Ergebnisse, daß der unthätige Netzhautbezirk nur von der Durchgangsstelle der Blutgefäße herrührt. Man darf jedoch nicht übersehen, daß man Größenverhältnisse, welche dieser Berechnung nicht vollkommen entsprechen, in den Augen einzelner Selbstmörder vorgefunden hat.

§. 1578. Das subjective Gesichtsfeld kann noch aufsprühende Lichtpünktchen, bewegliche Gebilde, die von kreisenden Blutkörperchen hergeleitet werden, zierliche Rautenfiguren, farbige Streifen, wechselnde Schattenfelder u. dgl. in Einzelfällen darbieten. Ein Druck, der eine bestimmte Stelle der Netzhaut trifft, führt zu Flammenbildern, zu Funkensehen, das natürlich ein Anderer als der, dessen Auge getroffen wird, nicht wahrnimmt. Blutandrang nach den Gesichtswerkzeugen, dem Sehnerven oder den diesem Letzteren entsprechenden Hirntheilen erzeugt häufig genug die mannigfachsten subjectiven Licht- und Farbenerscheinungen. Ein galvanischer Strom, der den Kopf durchsetzt, regt das Auge weit leichter an, als das Ohr oder die Geruchswerkzeuge. Es erzeugen sich hierbei Flammenbilder, deren Farben mit dem Schlusse und der Oeffnung der Kette ergänzend abwechseln. Hat man alles fremde Licht möglichst entfernt, so gewinnen diese Eindrücke an Klarheit und Lebhaftigkeit. Druck- und andere Lichtfiguren.

§. 1579. Hören. — Während ein Theil der Schallwellen (§. 156.), die das äußere Ohr *a*, Fig. 352 (s. f. S.), treffen, in den Hohlraum von *b* vordringt und ein anderer zurückgeworfen Aeußeres Ohr.

wird, pflanzt sich zugleich die Erschütterung durch die festen Gebilde nach dem Gehörgange *b*, Fig. 352, und von da weiter fort. Manche reflectirte Schallstrahlen fallen aber wiederum in den von *b*, Fig. 352, begrenzten Raum, so daß auch sie für das Gehör nicht gänzlich verloren gehen.

Fig. 352.



§. 1580. Die meisten Säugethiere besitzen ein einfacheres äußeres Ohr, dessen Tütenform an die Gestalt eines Hörrohres in hohem Grade erinnert. Zahlreiche und verhältnißmäßig starke Muskeln können es nach verschiedenen Richtungen wenden und den Eintritt der Schallstrahlen auf solche Weise erleichtern. Die eigenthümliche Form des Menschenohres bietet in dieser Hinsicht wesentliche Räthsel dar. Man weiß noch nicht, weshalb es jene sonderbare Gestalt, jene zahlreichen Erhöhungen und Vertiefungen besitzt. Die Unebenheiten sind keineswegs so eingerichtet, daß alle Schallstrahlen in den äußeren Gehörgang zurückgeworfen werden. Ihr Nutzen scheint daher mehr für die eigenen Schwingungen dieser Theile, für die Leichtigkeit der Aufnahme, die Stärke der Erschütterung und die Eigenthümlichkeiten des Klanges berechnet zu sein. Wir können auch das Ohr weit weniger, als die meisten Säugethiere, in Bewegung setzen. Der Willenseinfluß macht sich in dieser Hinsicht in vielen Menschen gar nicht geltend. Andere können ihr Ohr nach einer oder nach mehreren Richtungen verziehen. Diese Thätigkeit wird jedoch fast nie für das Hören selbst in Anspruch genommen.

§. 1581. Der Verlust des äußeren Ohres stört die Gehörempfindung nur insofern, als die Schärfe der Auffassung zu leiden pflegt. Die einzelnen Tonhöhen (§. 1403.) hingegen können noch deutlich unterschieden werden. Buchanan glaubt gefunden zu haben, daß der Winkel, unter dem sich das Ohr an dem Kopfe anheftet, einen merklichen Einfluß auf die Empfindlichkeit des Hörens ausübt. 25° bis 45° liefern die günstigsten und weniger als 15° störende Nebenbedingungen.

Aeußerer Gehörgang.

§. 1582. Der äußere Gehörgang, *b*, Fig. 352, pflanzt die in ihn eintretenden Schallwellen unmittelbar oder auf dem Reflexionswege weiter fort. Er hält sie gewissermaaßen zusammen und kann sie selbst durch Resonanz (§. 1404.) verstärken helfen. Seine Wände vermögen ebenfalls zu schwingen und ihre Unruhe nach den Innengebilden des Ohres weiter zu tragen. Man hat vermuthet, daß der fettige Ueberzug, den das Ohrenschmalz liefert, die Auffassung entfernter Töne erleichtert. Häufen sich Klumpen desselben in dem Gehörgange an, so führt dieses mechanische Hinderniß zu Störungen der Tonempfänglichkeit.

§. 1583. Das Trommel- oder das Paukenfell, *c*, Fig. 352, bildet eine häutige, an dem hinteren Ende des Gehörganges angebrachte Scheidewand, deren Spannung entsprechende Schwingungen mit Leichtigkeit gestattet. Hat man es mit Bärlappsamen oder einem anderen feinen Pulver gleichförmig bestreut, so kann man deutliche Klangfiguren, wie an jeder anderen ausgedehnten Haut, hervorbringen. Trommelfell.

§. 1584. Der hinter dem Trommelfelle befindliche Raum der Pauken- oder Trommelhöhle enthält drei Gehörknöchelchen, den Hammer *m*, Fig. 353, den Amboß *o* und den Steigbügel *t*. Ein kleines Knochenstück, das Linsenbein *l*, hängt mit dem langen Schenkel des Amboßes im erwachsenen Menschen unbeweglich zusammen. Eigenthümliche Gelenke verbinden die drei Gehörknöchelchen unter einander. Diese Einrichtung gestattet kleine Ortsverrückungen, die einen merklichen Einfluß auf die Mechanik des Gehöres ausüben können. Gehörknöchelchen.

Fig. 353.



Fig. 354 sucht die wechselseitige Lage jener Gebilde in vergrößertem

Fig. 354.

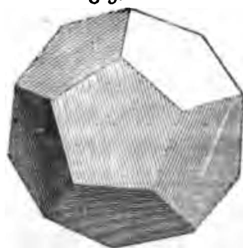


Maaßstabe näher zu versinnlichen. Der Kopf *d* des Hammers ruht in der ausgehöhlten Gelenkfläche des Körpers *c* des Amboßes, während sich der lange Fortsatz von diesem mit dem Steigbügel *f* verbindet. Man

Halten wir uns eine Röhre von passender Länge vor jedes der beiden Gesichtswerkzeuge, so sehen wir die zwei Mündungen gesondert, wenn deren Achsen nahebei parallel stehen. Lassen wir sie nun allmählig convergiren, so rücken die Oeffnungen immer näher zusammen. Geht die Länge der Röhren über die Grenzen der Sehweite nicht hinaus, so findet man zuletzt eine Stellung, in der man nur einen einzigen mittleren Ausgangskreis erblickt. Die Mittelpunkte der beiden Kreislöcher liegen dann in dem Verlaufe der Leitlinien, die sich in einem der Sehweite entsprechenden Punkte kreuzen. Die übrigen Stellen fallen auf übereinstimmende Netzhautorte. Die einfache Anschauung erklärt sich dann aus den früher erwähnten Thatsachen. Versieht man nun die Mündung des einen Rohrs mit einem gelben und die des zweiten mit einem blauen Glase, so erscheint die einfache Ausgangsöffnung fast nie in der grünen Mittelfarbe. Man sieht sie vielmehr bald gelb und bald blau oder es herrscht die eine Grundfarbe an diesem und die zweite an jenem Orte vor. Man nennt diese Erscheinung den Wettstreit der beiden Augen oder der doppelten Gesichtsfelder. Die mannigfachen hierbei zum Vorschein kommenden Wechselerscheinungen hängen von den Einflüssen der Lichtstärke, der Färbungsweise, der Entfernung, der Anpassung des Auges und der Aufmerksamkeit ab.

Stereoskopische Anschauung. §. 1557. Wir haben schon früher (§. 1529.) bemerkt, daß das Auge die Flächenverhältnisse bei Weitem sicherer, als die Tiefendimension beurtheilen kann. Da die Auffassung der Körperlichkeit die Erkenntniß aller drei Raumdurchmesser voraussetzt, so müssen gewisse Nebenbedingungen, wenn das Auge den Forderungen genügen soll, zu Hilfe kommen. Ursprüngliche organische Einrichtungen und Erfahrungslehren verbinden sich hier in vielen Fällen, um zu dem vorliegenden Endziele überzuführen.

§. 1558. Es versteht sich von selbst, daß ein einziges Auge einen Körper als solchen erkennen kann. Die bloße Zeichnung eines Pentagondodekaeders, wie es Fig. 343 darstellt, erscheint dann schon körperlich und zwar um so deutlicher, je mehr wir die Hornhaut dem Bilde näheren oder alle seitlichen Eindrücke abhalten. Erblicken wir Fig. 343 durch eine Papierröhre, so werden wir den Einfluß dieses letzteren Umstandes sogleich bestättigt finden.

Fig. 343.


§. 1559. Betrachtet man zwei entsprechende Reliefzeichnungen mit beiden Augen, so erhöht sich der Eindruck der Körperlichkeit in bedeutendem Grade, so wie die entsprechenden Stellen der Abbildung überstimmende Netzhautbezirke anregen. Die Stereoskope, welche Wheastone in die Wissenschaft zuerst einführte, liefern deshalb eine Reihe der eigenthümlichsten Erscheinungen. Wir wollen uns die

vorzüglichsten, hier in Betracht kommenden Thatsachen an dem von Gerber verfertigten Stereoskope klar machen.

§. 1560. Denkt man sich einen abgestutzten Drathkegel in der gehörigen Entfernung der Sehweite und gerade in der Mitte vor beiden Augen aufgestellt, so würde ihn das linke allein so sehen, wie ihn *L*, Fig. 344, und das rechte, wie ihn *R* wiedergiebt. Solche Doppelzeichnungen passender Körper liefern die Grundlage der stereoskopischen Betrachtungen. Stereoskop.

Fig. 344.

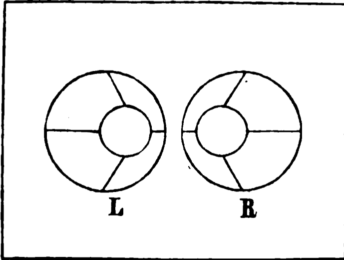


Fig. 345.

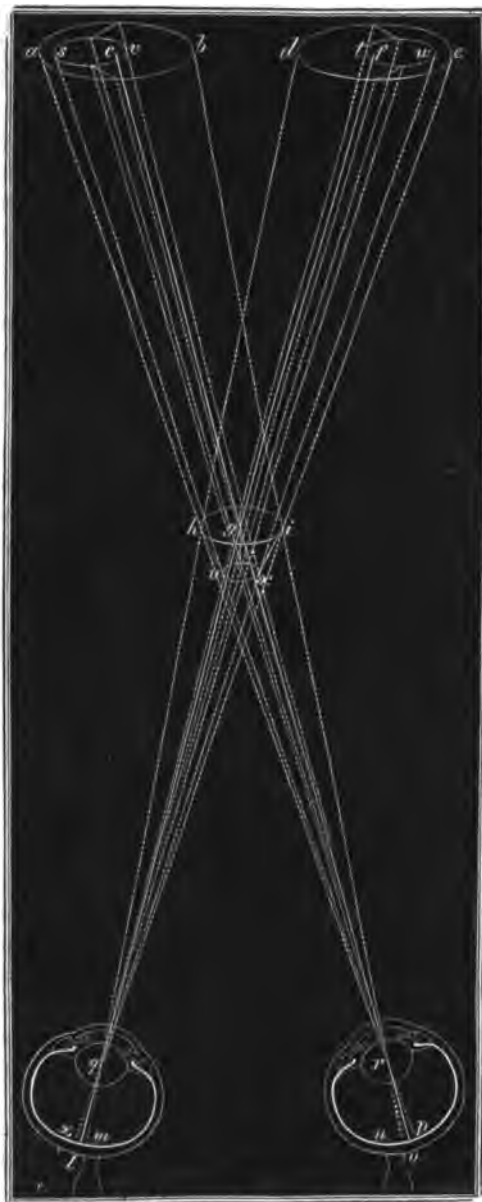


Die Fig. 345 abgebildete Vorrichtung besteht aus einem Kasten, der nach Verschiedenheit der Sehweite zusammengeschoben oder verlängert werden kann. Die vordere Wand hat einen Nasenausschnitt *b* und zwei über ihm befindliche Augenlöcher. Die Fig. 344 dargestellte Zeichnung wird über den Letzteren angebracht. Ihre beiden Figuren bilden sich in einem an der Hinterwand aufgestellten Doppelspiegel ab. Dieser besteht aus zwei Gläsern, die unter einem sehr stumpfen Winkel convergiren oder divergiren. Je eine Zeichnung fällt dann in ein Auge. Ist aber die Entfernung so gewählt, daß die entsprechenden Orte übereinstimmende Netzhautstellen berühren, so erblickt man einen mittleren vollkommen körperlichen Drathkegel. Die beiden oben erwähnten Spiegelarten führen dann zu entgegengesetzten Anschauungen. Die Abstumpfungsfläche des Drathkegels ist demgemäß dem Menschen zu- oder abgewandt.

§. 1561. Fig. 346 (s. f. S.) kann uns die Verhältnisse, welche diesem Versuche zum Grunde liegen, näher versinnlichen. Wir wollen nämlich die Einschaltung der Spiegel und die hierdurch bedingten Reflexionserscheinungen der Einfachheit wegen bei Seite lassen. Wir müssen daher annehmen, daß die Zeichnungen ohne Weiteres vor dem Auge liegen, sich aber dabei so verhalten, wie die Spiegelbilder, von denen je eines seine Strahlen den nöthigen Netzhautbezirken des entsprechenden Gesichtswerkzeuges zusendet. Denken wir uns, die Verlängerungen der Sehachsen, *co* und *fl*, Fig. 346, träfen die beiden Mittelpunkte der größeren Kreise *c* und *f*, so werden diese als einfacher Punkt *g* und zwar an der Stelle, an der sich die Leitlinien *co* und *fl* schneiden, wahrgenommen. *a* hat die Richtungslinie *ap* und *d* die *dm*. Beide treffen also die identischen Netzhautstellen *m* und *p*. Sie werden deshalb wiederum in dem Durchschnittspunkte *h* einfach erblickt. *b* und *e* erscheinen aus demselben Grunde in *i*. Da sich das Gleiche Punkt für Punkt wiederholt, so erhält man den einfachen Grundflächenkreis *hi*, dessen Cen-

trum *g* ist. Führt man die gleiche Construction für die kleineren Kreise durch, so findet man ebenfalls einen Mittelkreis, der vor oder hinter dem Grundflächenkreise zu liegen kommt, je nachdem das Auge die für dasselbe bestimmte Einzelzeichnung oder die entgegengesetzte wahrnimmt. Die Zwischenlinien führen Punkt für Punkt zu entsprechenden Seitenlinien. Die räumliche Anschauung des abgestutzten zu- oder abgewandten Kegels *hixu* kann auf diese Weise geometrisch zusammengesetzt werden.

Fig. 346.



Geometrische Construction der Bilder beider Augen

§. 1562. Man sieht leicht, daß diese Darstellung an allen Einwürfen, welche der einfachen Annahme identischer Netzhautpunkte des kugelförmigen Auges entgegengestellt werden können, ebenfalls leidet. Sie vermag aber dessenungeachtet klar zu machen, daß eine ihren Ursachen nach unbekannte Einrichtung unerbittlich nöthigt, die Anschauungen, welche übereinstimmende Netzhautbilder liefern, in denjengen Ort des Raumes, in dem sich die Leitlinien durchkreuzen, überzutragen. Wir erkennen hierdurch unmittelbar die Körperlichkeit, die wir zur Erläuterung des Gesagten nur mit Mühe auf geometrischem Wege klar zu machen im Stande sind.

Deutlichkeitsunterschiede der einzelnen Körperflächen.

§. 1563. Bleiben die Sehweiten und der Einfluß der größten Aufmerksamkeit auf einen einzelnen Bezirk oder selbst nur auf den Ort, in welchem sich die Leitlinien kreuzen, beschränkt, so muß man die übrigen

Theile des körperlichen Kegels undeutlicher wahrnehmen. Die genauere Prüfung lehrt, daß dieses in der That der Fall ist. Etwas Aehnliches kehrt auch für die Auffassung der wahren Körper wieder.

Stereoskopische Ausgleichung der Ergänzungsfarben.

§. 1564. Wir haben §. 1556 gesehen, daß sich der Wettstreit der beiden Gesichtsfelder für die Farbeneindrücke geltend zu machen pflegt. Läßt man eine gewöhnliche Farbe auf die Netzhaut des einen und deren Ergänzungsfarbe auf übereinstimmende Stellen des zweiten Auges fallen, so erhält man fast nie Weiß als eine einfache Anschauung. Dieses unglückliche Ergebniß rührt nur davon her, daß die sorgfältigste Auswahl alle nöthigen Bedingungen der vollständigen Ergänzung in der Regel nicht erfüllt. Gebraucht man dagegen Ergänzungsfarben, die von polarisirtem Lichte (§. 175.) oder von farbigen Schatten (§. 1543.) herrühren, so gelangt man eher zum Ziele. Das Weiß, das man dann erblickt, lehrt aber, daß sich die Einheitsverbindung der Anschauungen beider Augen nicht bloß auf die Orte im Raume, sondern auch auf die Auffassung des Wellenrhythmus bezieht. Die zwei Ergänzungsfarben verbinden sich dann so, daß wir keinen entschiedenen Rythmus, d. h. keine einzelne Färbung wahrzunehmen vermögen.

Subjective Gesichtserscheinungen.

§. 1565. Wie sich die Chromasie (§. 161.) des Auges nur in manchen passenden künstlichen Versuchen schärfer geltend macht (§. 1511.), in dem gewöhnlichen Sehen dagegen in den Hintergrund tritt, so wiederholt sich etwas Aehnliches für manche subjectiven Gesichtserscheinungen, welche die nothwendigen Folgen der gegebenen Einrichtung der Augenlinsen und der Netzhaut bilden. Andere dagegen, die aus krankhaften Verhältnissen hervorgehen, können sich schon im gewöhnlichen Leben deutlich verrathen.

Haidinger'sche Lichtbüschel.

§. 1566. Läßt man einen Menschen, dessen Auge die nöthige Empfänglichkeit besitzt, durch ein Nicol'sches Prisma (Fig. 36, S. 60.) gegen den grauen Himmel sehen, so bemerkt er zuerst zwei gelbe Büschel, welche in der Richtung des großen Durchmessers (Taf. I. Fig. XIII. a. b.) des Querdurchschnittes des Prisma liegen. Man nennt diese Gebilde die Haidinger'schen Lichtbüschel. Taf. I. Fig. XIII. sucht sie näher zu versinnlichen. Es muß jedoch bemerkt werden, daß der in jener Abbildung durchgeführte farbige Ueberdruck es unmöglich machte, die Farbe so schwach hingehaucht, als sie sich in der Natur zeigt, darzustellen. Empfängliche Gesichtswerkzeuge bemerken überdies noch zwei der kleinen Diagonale (Taf. I. Fig. XIII. c. d.) entsprechende violette Büschel, die aber eine zu bläuliche Färbung in der Abbildung bekommen haben.

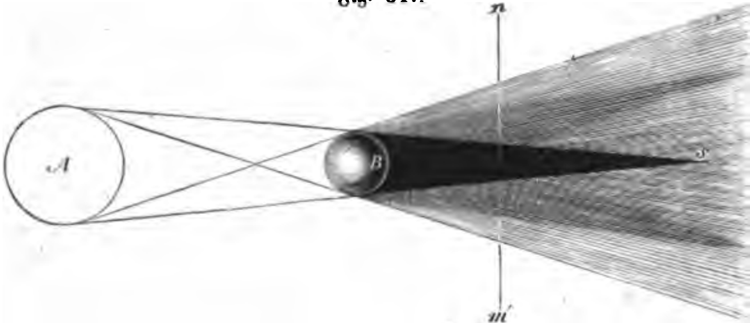
§. 1567. Manche Menschen bedürfen nicht einmal ein Nicol'sches Prisma, um die Büschel wahrzunehmen. Andere sehen sie fast nie, wenn sie sich auch dieses optischen Hilfsmittels oder einer anderen Vorrichtung, der dichroskopischen Lupe, bedienen. Die Uebung scheint übrigens auch hier ihre Einflüsse geltend zu machen. Ich sehe wenigstens die Erscheinung und zwar in der Taf. I. Fig. XIII. abgebildeten Form gegenwärtig bei Weitem deutlicher, als dies vor einigen Jahren der Fall war.

Anhaltende Versuche brachten mich so weit, daß ich oft kein Prisma zur Wahrnehmung der Büschel nöthig habe.

§. 1568. Die gelben Büschel fallen in diejenige Richtung, in welcher die Aethermolecüle der das Prisma durchsetzenden außerordentlichen Strahlen (§. 170.) hin und her schwingen. Man kann daher auch die Polarisationsebene anderer polarisirender Körper mit Hilfe jener Erscheinung ohne Weiteres erkennen. Der Grund dieser subjectiven Wahrnehmung liegt in den polarisirenden Wirkungen, welche die einzelnen geschichteten Brechungskörper des Auges auszuüben vermögen. Das Gelbe und das Blauviolett bilden dabei ergänzende Polarisationsfarben (§. 175.).

Schattenbilder. §. 1569. Ist *A* Fig. 347 ein leuchtender und *B* ein undurchsichti-

Fig. 347.



ger Körper, so hemmt dieser den Fortgang einer gewissen Menge von Lichtstrahlen. Wir erhalten auf diese Weise den Kernschatten *Bs* und den nach außen von ihm angegebenen Halbschatten. Jener wird eine um so größere Ausdehnung in Anspruch nehmen, je mehr sich der Schirm *nm'* dem undurchsichtigen Körper *B* annähert.

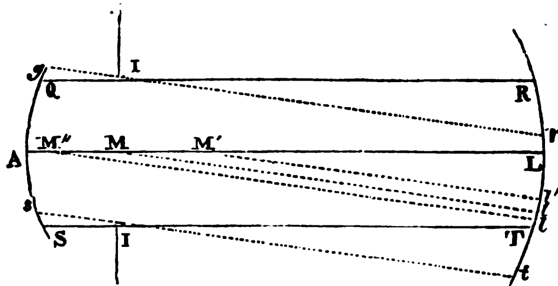
§. 1570. Undurchsichtige, in den Augenlinsen befindliche Gebilde müssen ähnliche Wirkungen ausüben. Die Netzhaut übernimmt aber hierbei die Rolle des Schirmes *nm'*. Sie werden daher einen um so stärkeren Kernschatten abwerfen, einen bestimmten Bezirk des Gesichtsfeldes um so mehr verdunkeln, je weniger sie von der Nervenhaut selbst entfernt liegen. Ausgedehnte Trübungen der Hornhaut, wie sie bei Staphylomen vorkommen, Verdunkelungen der Krystallinse, wie sie den grauen Staar bedingen, führen auf diese Weise mittelbar zur Blindheit. Die Netzhaut kann dessenungeachtet ihre Kräfte Jahre lang bewahren.

Fliegende Mücken. §. 1571. Manche entoptische Erscheinungen, von denen man einen großen Theil mit dem Namen der fliegenden Mücken zu bezeichnen pflegt, rühren nur von solchen Beschattungskörpern und andere von kleinen das Licht reflectirenden Gebilden, die sich in den Augenlinsen selbst befinden, her. Einzelne von ihnen behaupten ihren bestimmten Ort unter allen Verhältnissen. Viele dagegen ändern ihn bisweilen von selbst oder unter

dem Einflusse der Augenbewegungen. Man unterscheidet daher zunächst die fixen und die beweglichen entoptischen Massen oder Schattenkörper.

§. 1572. Es ergiebt sich von selbst, daß die fixen entoptischen Figuren oder die dunkeln Flecke des Gesichtsfeldes, die von örtlichen Lähmungen der Netzhaut herrühren, gewisse von den Bewegungen des Augapfels abhängende Ortsveränderungen darbieten können. Sieht man durch eine kleine Oeffnung eines Schirmes gegen den grauen Himmel oder eine andere sehr entfernte gleichmäßig beleuchtete Oberfläche, so hat man die nöthige Vorbedingung, unter welcher viele der bald zu erwähnenden entoptischen Bilder zum Vorschein kommen. Die Bündel paralleler Lichtstrahlen, welche die Hornhaut treffen, dringen dann durch das Sehloch, um eine entsprechende Stelle der Netzhaut zu beleuchten. Nimmt man nun an, *QAS*, Fig. 348, sei die Hornhaut, *II* die Pupillenöffnung und *Rt* die Netzhaut, so wird der Ort des Beleuchtungskreises von der Stellung der Netzhaut abhängen. Liegt die Sehachse in *AL* und sind in ihrem Verlaufe drei gleiche Schattenpunkte, *M*, *M'* und *M''* vorhanden, so werden sie nur ein Schattenbild in *L* entwerfen. Wendet man dagegen den Blick nach oben, so daß *ML* in *Ml* übergeht, so erhält man drei verschiedene Anschauungen. *M*, das in der Ebene des Sehloches selbst liegt, erscheint in *l*, *M'* in *l'* oder oben und *M''* in *l''* oder unten. *M'* hat daher eine entsprechende, *M''* aber eine entgegengesetzte Ortsveränderung herbeigeführt. Die Größe der Verrückung muß von der Entfernung der Schattenkörper von der Netzhaut unter sonst gleichen Verhältnissen abhängen. Listing hat diese Erscheinung zu benutzen gesucht, um den Sitz der entoptischen Körperchen näher zu bestimmen. Brewster und vorzüglich Donders bedienten sich zweier kleinen Oeffnungen, um Doppelbilder jener Theile zu erzeugen und aus deren gegenseitigem Abstande auf die Lage der Letzteren zurückzuschließen.

Fig. 348.



§. 1573. Kleine schleimigte Thränenbäche, die an der Außenfläche der Hornhaut herabrinnen, führen bisweilen zu Anschauungen, wie sie in 2, Fig. 349 (s. f. S.), angedeutet sind. Sieht man eine Zeit lang durch eine enge Spalte oder eine schmale Oeffnung gegen einen hell beleuchteten Hintergrund, oder hat man sein Auge mit mikroskopischen Untersuchungen angestrengt, so bemerkt man eine Reihe von Fäden (Fig. 349 [s. f. S.]), eine Körnchenmosaik, einzelne runde Körperchen Entoptische Figuren.

(1, Fig. 349.), Perlenschnüre u. dergl. Man hat die Schattengebilde,

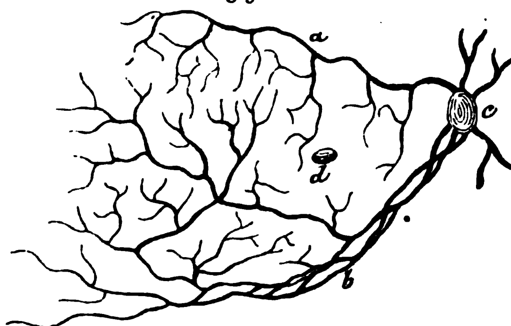
Fig. 349.



von denen diese Erscheinungen abhängen, in die verschiedensten Orte, in die wässerige Feuchtigkeit, die Linse, den Glaskörper, die Körnerschicht der Netzhaut und die Jacob'sche Haut zu versetzen gesucht. Diejenigen, die jedes gesunde Auge sieht, rühren wahrscheinlich von Theilen her, welche der Netzhaut sehr nahe, wo nicht in deren eigenem Bereiche liegen.

Aderfigur. §. 1574. Die Blutgefäßstämme, die an der Eintrittsstelle des Sehnerven durchdringen und sich auf der inneren Oberfläche der Netzhaut ausbreiten (Taf. I. Fig. XIV.), kommen als sogenannte Aderfigur im subjectiven Gesichtsfelde ebenfalls zum Vorschein. Hat man das eine Auge geschlossen und starrt mit dem anderen nach dem dunkelen Hintergrunde eines sonst finsteren Zimmers, während man die Flamme eines Kerzenlichtes so nahe als möglich vor den Augenlidern hin und her bewegt, so erhält man eine Anschauung, wie es Fig. 350 anzudeuten sucht. *c* entspricht der Eintrittsstelle des Sehnerven und *d* dem Bezirke des hinteren Endes der Sehachse. Die Gefäßbilder *a* und *b* liegen entgegengesetzt, wie die Gefäßröhren, von denen sie herrühren. Da sie nach außen verlegt werden (§. 1545.), so erscheinen sie, gleich den übrigen entoptischen Gebilden, mehr oder minder stark vergrößert.

Fig. 350.



Schattenlücken. §. 1575. Dunkele Körper, wie Blutergüsse, Pigmentabsätze oder ähnliche Gebilde, die sich unmittelbar vor der Netzhaut befinden, müssen zu bleibenden Lücken in dem Gesichtsfelde führen. Während aber diese Wirkungen nur aus krankhaften Ausnahmserscheinungen hervorgehen, besitzt jeder Mensch einen Bezirk seines indirecten Gesichtsfeldes (§. 1514.), für den die Möglichkeit der Auffassung hinwegfällt. Der Mariotte'sche Versuch kann diese Behauptung am Leichtesten beweisen.

Mariotte'scher Versuch. §. 1576. Richtet man z. B. die Sehachse des linken Auges gerade auf *b*, Fig. 351, so wird man bald eine Entfernung, in der man *a*

Fig. 351.

\+ a b

gar nicht, *c* dagegen in einem undeutlichen Nebelbilde innerhalb des indirecten Gesichtsfeldes wahrnimmt, auffinden können. Es muß daher eine Stelle der Netzhaut, welche für die objective Wahrnehmung blind ist, diesseit der Größe der möglichen Auffassung (§. 1513.) vorhanden sein. Eine nähere Betrachtung lehrt, daß die Lücke des Gesichtsfeldes 13° bis 17½° nach außen von der Sehachse liegt. Ihre Bilder werden daher die Netzhaut nach innen von dem hinteren Ende der Sehachse in einer entsprechenden Entfernung berühren. Diese fällt aber in die Gegend der Eintrittsstelle des Sehnerven.

§. 1577. Manche Forscher glaubten annehmen zu können, daß der ganze Durchgangsbezirk des Sehnerven unempfänglich sei, weil er allein alle Nervenelemente, die das Sehen fodert, noch nicht enthält. Andere dagegen erklärten den Mariotte'schen Versuch am Einfachsten daraus, daß die Blutgefäßstämme die Mitte der Eintrittsstelle des Sehnerven durchbohren (Taf. I. Fig. XIV.). Man hat daher hier eine Lücke, für welche die zur Auffassung nöthigen Nebenbedingungen von selbst hinwegfallen.

Die Hindernisse, auf welche die genaue Berechnung der Größen der Netzhautbilder stößt (§. 1483.), machen hier jeden unzweifelhaften Beweis von vorn herein unmöglich. Man hat überdies nur den Abstand der blinden Stelle der Netzhaut von dem hinteren Ende der Sehachse in dem lebenden Auge bestimmt. Die nöthige Controlle der entsprechenden Entfernungen der einzelnen Netzhautstellen konnte bis jetzt in der Leiche des gleichen Individuums nicht vorgenommen werden. Hält man sich an die gewöhnlichen Maaßangaben, so gelangt man zu dem Ergebnisse, daß der unthätige Netzhautbezirk nur von der Durchgangsstelle der Blutgefäße herrührt. Man darf jedoch nicht übersehen, daß man Größenverhältnisse, welche dieser Berechnung nicht vollkommen entsprechen, in den Augen einzelner Selbstmörder vorgefunden hat.

§. 1578. Das subjective Gesichtsfeld kann noch aufsprühende Lichtpünktchen, bewegliche Gebilde, die von kreisenden Blutkörperchen hergeleitet werden, zierliche Rautenfiguren, farbige Streifen, wechselnde Schattenfelder u. dgl. in Einzelfällen darbieten. Ein Druck, der eine bestimmte Stelle der Netzhaut trifft, führt zu Flammenbildern, zu Funkensehen, das natürlich ein Anderer als der, dessen Auge getroffen wird, nicht wahrnimmt. Blutandrang nach den Gesichtswerkzeugen, dem Sehnerven oder den diesem Letzteren entsprechenden Hirntheilen erzeugt häufig genug die mannigfachsten subjectiven Licht- und Farbenerscheinungen. Ein galvanischer Strom, der den Kopf durchsetzt, regt das Auge weit leichter an, als das Ohr oder die Geruchswerkzeuge. Es erzeugen sich hierbei Flammenbilder, deren Farben mit dem Schlusse und der Oeffnung der Kette ergänzend abwechseln. Hat man alles fremde Licht möglichst entfernt, so gewinnen diese Eindrücke an Klarheit und Lebhaftigkeit. Druck- und andere Lichtfiguren.

§. 1579. **Hören.** — Während ein Theil der Schallwellen (§. 156.), die das äußere Ohr *a*, Fig. 352 (s. f. S.), treffen, in den Hohlraum von *b* vordringt und ein anderer zurückgeworfen Aeußeres Ohr.

wird, pflanzt sich zugleich die Erschütterung durch die festen Gebilde nach dem Gehörgange *b*, Fig. 352, und von da weiter fort. Manche reflectirte Schallstrahlen fallen aber wiederum in den von *b*, Fig. 352, begrenzten Raum, so daß auch sie für das Gehör nicht gänzlich verloren gehen.

Fig. 352.



§. 1580. Die meisten Säugethiere besitzen ein einfacheres äußeres Ohr, dessen Tütenform an die Gestalt eines Hörrohres in hohem Grade erinnert. Zahlreiche und verhältnißmäßig starke Muskeln können es nach verschiedenen Richtungen wenden und den Eintritt der Schallstrahlen auf solche Weise erleichtern. Die eigenthümliche Form des Menschenohres bietet in dieser Hinsicht wesentliche Räthsel dar. Man weiß noch nicht, weshalb es jene sonderbare Gestalt, jene zahlreichen Erhöhungen und Vertiefungen besitzt. Die Unebenheiten sind keineswegs so eingerichtet, daß alle Schallstrahlen in den äußeren Gehörgang zurückgeworfen werden. Ihr Nutzen scheint daher mehr für die eigenen Schwingungen dieser Theile, für die Leichtigkeit der Aufnahme, die Stärke der Erschütterung und die Eigenthümlichkeiten des Klanges berechnet zu sein. Wir können auch das Ohr weit weniger, als die meisten Säugethiere, in Bewegung setzen. Der Willenseinfluß macht sich in dieser Hinsicht in vielen Menschen gar nicht geltend. Andere können ihr Ohr nach einer oder nach mehreren Richtungen verziehen. Diese Thätigkeit wird jedoch fast nie für das Hören selbst in Anspruch genommen.

§. 1581. Der Verlust des äußeren Ohres stört die Gehörempfindung nur insofern, als die Schärfe der Auffassung zu leiden pflegt. Die einzelnen Tonhöhen (§. 1403.) hingegen können noch deutlich unterschieden werden. Buchanan glaubt gefunden zu haben, daß der Winkel, unter dem sich das Ohr an dem Kopfe anheftet, einen merklichen Einfluß auf die Empfindlichkeit des Hörens ausübt. 25° bis 45° liefern die günstigsten und weniger als 15° störende Nebenbedingungen.

Aeußerer Gehörgang.

§. 1582. Der äußere Gehörgang, *b*, Fig. 352, pflanzt die in ihn eintretenden Schallwellen unmittelbar oder auf dem Reflexionswege weiter fort. Er hält sie gewissermaaßen zusammen und kann sie selbst durch Resonanz (§. 1404.) verstärken helfen. Seine Wände vermögen ebenfalls zu schwingen und ihre Unruhe nach den Innengebilden des Ohres weiter zu tragen. Man hat vermuthet, daß der fettige Ueberzug, den das Ohrenschmalz liefert, die Auffassung entfernter Töne erleichtert. Häufen sich Klumpen desselben in dem Gehörgange an, so führt dieses mechanische Hinderniß zu Störungen der Tonempfänglichkeit.

§. 1583. Das Trommel= oder das Paukenfell, *c*, Fig. 352, bildet Trommelfell. eine häutige, an dem hinteren Ende des Gehörganges angebrachte Scheidewand, deren Spannung entsprechende Schwingungen mit Leichtigkeit gestattet. Hat man es mit Bärlappsamen oder einem anderen feinen Pulver gleichförmig bestreut, so kann man deutliche Klangfiguren, wie an jeder anderen ausgedehnten Haut, hervorbringen.

§. 1584. Der hinter dem Trommelfelle befindliche Raum der Pau= Gehörknöchelchen. ken= oder Trommelhöhle enthält drei Gehörknöchelchen, den Hammer *m*, Fig. 353, den Amboß *o* und den Steigbügel *t*. Ein kleines Knochenstück, das Linsenbein *l*, hängt mit dem langen Schenkel des Ambosses im erwachsenen Menschen unbeweglich zusammen. Eigenthümliche Gelenke verbinden die drei Gehörknöchelchen unter einander. Diese Einrichtung gestattet kleine Ortsverrückungen, die einen merklichen Einfluß auf die Mechanik des Gehöres ausüben können.

Fig. 353.

Fig. 354 sucht die wechselseitige Lage jener Gebilde in vergrößertem

Fig. 354.

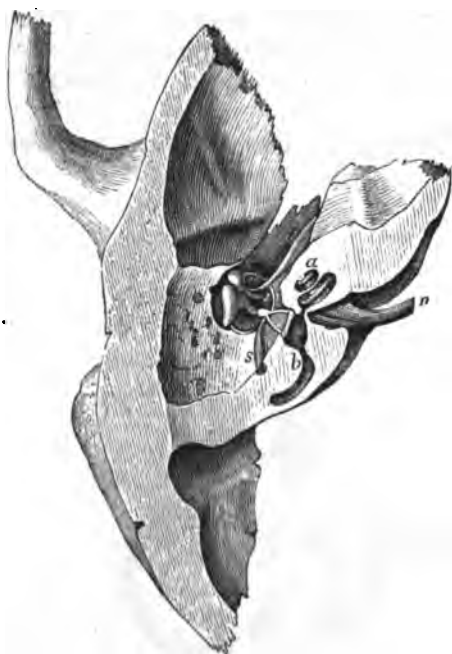


Maaßstabe näher zu versinnlichen. Der Kopf *d* des Hammers ruht in der ausgehöhlten Gelenkfläche des Körpers *c* des Ambosses, während sich der lange Fortsatz von diesem mit dem Steigbügel *f* verbindet. Man

sieht zugleich, daß der lange Fortsatz des Hammers *d* an das den Gehörgang *a* begrenzende Trommelfell stößt. Die länglich runde Oeffnung, die den Fußtritt des Steigbügels *f* begrenzt, führt zu dem Vorhofe, der einen Theil des Hörnerven enthält und auf den wir später zurückkommen werden. Die Kette der Gehörknöchelchen bildet hiernach ein fast durchgehends festes und gegliedertes Zwischenstück, das von dem Paukenfelle nach den innersten und wesentlichsten Abschnitten der Gehörwerkzeuge hinüberleitet.

Muskeln der Gehörknöchelchen. §. 1585. Eigenthümliche Muskeln können die wechselseitige Stellung der Gehörknöchelchen mehr oder minder verändern. Fig. 355 zeigt die Lage der Theile, wie sie sich in dem frischen Präparate darstellt. Der Hammer *t* besitzt den inneren Hammermuskel oder den Trommelfellspanner *l*, der den Handgriff des Hammers nach innen zieht und daher das Trommelfell mittelbar anspannt. Ein zweiter Muskel, der Erschlaffer des Paukenfelles, läßt sich in den wenigsten Leichen mit Deutlichkeit nachweisen. Der Steigbügel endlich besitzt einen eigenen Steigbügelmuskel, *s*, Fig. 355, der das hintere Ende des Fußtrittes (*f*, Fig. 354.) in das eirunde Loch eindrücken und zugleich vielleicht dem inneren Hammermuskel (*l*, Fig. 355.) entgegenwirken kann.

Fig. 355.



Wechselnde Anspannung des Trommelfelles. §. 1586. Der Spannungswechsel des Trommelfelles, den der zuletzt genannte Muskel einzuleiten vermag, dient vermuthlich akustischen Zwecken. Man hat angenommen, daß eine größere Anspannung, wenn stärkere Töne gedämpft werden sollen, eingreift. So viel Wahrscheinlichkeit diese Vermuthung an und für sich hat, so fehlt doch noch die sichere Begründung derselben durch unmittelbare Beobachtungen, die an dem lebenden Menschen in geeigneten Fällen gemacht worden wären. Die starke Spannung des Trommelfelles scheint die Wahrnehmung der tiefen Töne zu beeinträchtigen, die der hohen dagegen zu begünstigen.

Schwingungen des Trommelfelles.

§. 1587. Eine ausgespannte elastische Haut nimmt die Schallwellen der Luft leichter, als ein massiver dicker Körper auf. Sie theilt sie dann wiederum anderen benachbarten Festgebilden eher mit. Die Ursache, weshalb das Trommelfell zwischen der Luftsäule des Gehörganges und den Gehörknöchelchen einerseits und dem äußeren Gehörgange andererseits eingeschaltet ist, läßt sich hieraus zunächst erklären.

Erschütterungen der Gehörknöchelchen.

§. 1588. Die Schallwellen des Paukenfelles pflanzen sich auf die Kette der Gehörknöchelchen weiter fort. Sie erleichtern es zugleich, daß das Trommelfell um so lebhafter selbst in Tönen, die von ihrem eigenen Tone abweichen, mitschwingt. Man kennt hingegen bis jetzt nicht alle akustischen Gründe, weshalb jene unter einander gelenkig verbunden sind. Die Anwesenheit der ihnen angehörenden Muskelmassen (§. 1585.) oder die Möglichkeit des Ausweichens bei starken Beugungswellen reichen zur vollständigen Erklärung nicht hin.

§. 1589. Der Verlust des Trommelfelles und der Gehörknöchelchen hebt die Möglichkeit des Hörens nicht auf. Diese Theile bilden daher nur wesentliche Unterstützungsmittel, nicht aber absolute Bedingungsglieder der Auffassung. Die nähere Ursache dieser Erscheinung wird sich aus den später zu erwähnenden Thatsachen von selbst ergeben.

Eustachische Trompete.

§. 1590. Die Trommelhöhle, in der die Gehörknöchelchen eingeschlossen liegen (Fig. 355.), besitzt ein Seitenrohr (*b*, Fig. 354.), die Eustachische Trompete, welche in die Rachenhöhle frei ausmündet (*f*, Fig. 78, S. 132.). Diese Einrichtung verhütet zunächst, daß das Trommelfell zu sehr nach außen gedrückt wird. Die Luft der Trommelhöhle zeigt in der Regel eine höhere Wärme, als die des äußeren Gehörganges. Da sie zugleich mit Wasserdämpfen für ihre Temperatur gesättigt ist, so würde sie das elastische Paukenfell nach außen spannen, wenn kein freier Nebenausgang vorhanden wäre.

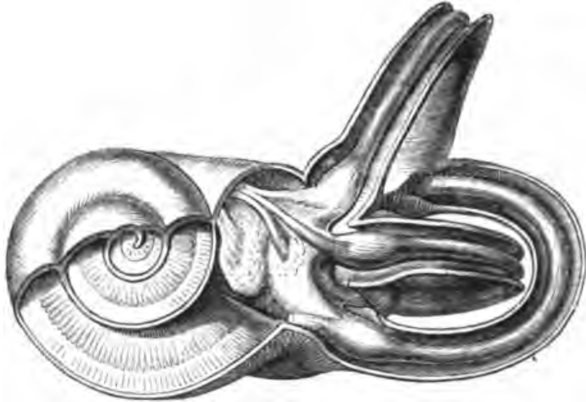
§. 1591. Man sieht leicht, daß eine einfache Oeffnung den gleichen Nutzen zu leisten im Stande wäre. Die Abfuhr von Schleim, den etwa die Trommelhöhle liefert, würde hierdurch ebenfalls möglich gemacht. Es muß daher noch auf besonderen Nebengründen beruhen, daß ein an seiner Innenfläche flimmerndes (§. 1196.), eigenthümlich gekrümmtes, theils knorpeliges und theils knöchernes Rohr angebracht worden.

§. 1592. Die Annahme, daß die Eustachische Trompete die Schallwellen, die in der Rachenhöhle dahingehen, und vorzüglich die eigenen Stimmtöne des Menschen klarer zur Auffassung bringt, läßt sich bei näherer Prüfung nicht halten. Manche, wie Henle und Müller, sehen in ihr eine Vorrichtung, welche die Tönung auf dem Wege der Resonanz verstärkt und klangvoller macht. Nähere Untersuchungen werden noch feststellen müssen, ob ihre Luftsäule in ihrem eigenen Tone mitklingen kann. Dieser Umstand würde aber eher störend, als fördernd eingreifen. Dem sei, wie ihm wolle, so ist so viel gewiß, daß die Verstopfung der Eustachischen Trompete mit Schleim- oder Ausschwitzungsmassen der

Gehörempfindung wesentlich schadet. Der Arzt ist daher häufig genöthigt, diesem Uebel mittelst des Katheterismus jenes Rohres abzuhelfen.

Labyrinth. §. 1593. Das Labyrinth besteht aus dem Vorhofe, *g*, Fig. 352, S. 506, den drei halbcirkelförmigen Kanälen *h* und der Schnecke *i*. Fig. 356 zeigt das Ganze vergrößert und zum Theil aufgebrochen. Man

Fig. 356.



sieht, wie der häutige Vorhof und die häutigen halbcirkelförmigen Kanäle von den entsprechenden Knochenwänden durch Zwischenräume, die eine Flüssigkeit, die Perilymphe, enthalten, getrennt werden. Ein Theil des Hörnerven verzweigt sich in dem Vorhofe und den unteren angeschwollenen Enden oder den Ampullen der halbcirkelförmigen Kanäle. Die zur Hälfte aufgebrochene Schnecke läßt sehen, wie das Schraubenblatt, auf dem sich ein anderer Theil des Hörnerven ausbreitet, in 2½ Windungen im Innern emporsteigt. Fig. 357 kann ungefähr klar machen, wie die einzelnen Hauptmassen des Gehörnerven *n* zu dem Vorhofe *v* und der Schnecke *s* vordringen. Die Innenräume aller drei Hauptabschnitte des Labyrinthes schließen eine eigene Flüssigkeit, die Endolymphe, ein.

Fig. 357.



Thätigkeit der Vorhofsgebilde. §. 1594. Da der Fußtritt des Steigbügels an das sonst mit einer gespannten Haut ausgefüllte eirunde Loch (*f*, Fig. 354, S. 507.) stößt, so theilen sich die Erschütterungen desselben der Endolymphe des Vorhofes mit. Die hierdurch erregten Flüssigkeitswellen treffen die Hörnervenfasern, die sich im Innern jenes Abschnittes des Labyrinthes und in den Ampullen der halbcirkelförmigen Kanäle ausbreiten. Der in dem Vorhofe angebrachte Gehörsand, der aus mikroskopischen Krystallen von kohlensaurer Kalkerde (Taf. I. Fig. IV.) besteht, verstärkt die Stöße und unterstützt auf diese Weise den Gehöreindruck.

Halbcirkelförmige Kanäle. §. 1595. Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, den Nutzen der halbcirkelförmigen Kanäle mit Sicherheit anzugeben. Man stellt sich vor, daß die Wellen, die in sie an dem einen Ende eindringen, das Ganze durchlaufen und zum Vorhofe abermals zurückkehren. Diese Erscheinung

kann die Tönung verstärken, die Wiederholung der Stöße und hierdurch die Auffassung derselben erleichtern und den Eindruck länger anhalten lassen. Die Ursache, weshalb die Natur verschiedene Unebenheiten in dem Innern des Vorhofes angebracht hat, warum die Gänge des oberen und des hinteren halbcirkelförmigen Kanales zu einem Rohre zusammenmünden (Fig. 357.) läßt sich für jetzt nicht angeben.

Secundäres Paukenfell.

§. 1596. Das eirunde Loch (*f*, Fig. 354, S. 507.) bildet nicht die einzige Ausgangsöffnung, die von dem Labyrinthe zur Trommelhöhle überführt. Wir finden vielmehr noch eine zweite Mündung, das runde Loch, *o*, Fig. 354, S. 507, in welchem eine elastische Haut, das secundäre Trommelfell, ausgespannt ist. Diese kann nach Weber zunächst nachgeben, damit die Endolymphe gehörig ausweicht, wenn der Fußtritt des Steigbügels in die Tiefe des eirunden Loches (*f*, Fig. 354.) eingedrückt wird. Die Luftwellen, die sich in Folge der Schwingungen der Wände der Paukenhöhle und vorzüglich des Trommelfelles fortpflanzen, werden sie überdies ebenfalls in Erschütterung versetzen. Ihre Verbindung mit dem unteren Schneckengange, der sogenannten Trommelhöhlentreppe, scheint auf eine besondere Beziehung zu diesem Theile des Labyrinthes hinzudeuten.

Schnecke.

§. 1597. Die feste Masse der Kopfknochen kann die Schallwellen gut fortleiten. Diese werden sich aber dann auf die mit ihnen zusammenhängende Schnecke leichter, als auf den von der Perilymphe umgebenen Vorhof (§. 1593.) übertragen. Man hat daher die Rolle, solche Schallwellen vorzugsweise aufzunehmen, der Schnecke vor Allem zugedacht. Die Erschütterungen dagegen, die sich durch die Gehörknöchelchen fortpflanzen, bringen in die Endolymphe des Vorhofes zunächst und am Stärksten vor. Man weiß aber bis jetzt nicht, wozu diese doppelte Einrichtung dient. Der mangelhafte Zustand der Akustik macht es überhaupt unmöglich, die Gründe, weshalb die Natur so verschiedenartige Gebilde in dem Verlaufe der Gehörwerkzeuge hergestellt hat, irgendwie anzugeben.

Auffassung der Stärke und der Höhe der Töne.

§. 1598. Die Intensität der Stöße, die den Hörnerven treffen, bestimmt die Stärke und der Rhythmus derselben die Höhe der Tonempfindung. Man kann aber die Mechanik, die den Klang erkennen läßt, eben so wenig als die Molecularverhältnisse, aus denen er ursprünglich hervorgeht, näher erläutern.

Höchste und tiefste hörbare Töne.

§. 1599. Das Vermögen des Ohres, nur Töne, die eine gewisse Stärke besitzen, aufzufassen, bildet das Seitenstück der photometrischen Empfindlichkeit des Auges (§. 1537.). Die Fähigkeit dagegen, die Tonhöhen aufzufassen, entspricht der Farbenunterscheidung des Gesichtsorganes. Savart schloß aus seinen Versuchen, daß 14 bis 16 Schwingungen in der Secunde den tiefsten und 64000 den höchsten Ton, den das menschliche Gehörwerkzeug wahrnehmen könne, bilden. Despretz versetzte diese Grenze auf 32 und 73000 Stöße. Diese Erscheinungen berechtigen aber noch nicht zu dem Schlusse, daß der Hörnerv den Rhythmus, der aus größeren oder kleineren Schwingungsmengen hervorgeht,

an und für sich nicht auffassen kann. Die Frage, ob eine vollkommene Parallele mit der Wahrnehmung der Farben (§. 1540.) in dieser Beziehung Statt findet, wird erst in Zukunft sicherer entschieden werden können.

Feinheit der Tonunterscheidung.

§. 1600. Wie das Auge die Rhythmenunterschiede der Farben unmittelbar erkennt, so zählt auch das Ohr nicht die Menge der Schwingungen. Es beurtheilt vielmehr das Ganze in einem unmittelbaren Eindrucke. Die Feinheit, mit der zwei benachbarte Tonhöhen wechselseitig unterschieden werden, schwankt in den einzelnen Menschen in hohem Grade. Personen, denen ein musikalisches Gehör mangelt, verfallen in dieser Hinsicht in die auffallendsten Fehler. Besser begabte Menschen hingegen können noch nach Seebeck die Verschiedenheit zweier Töne, deren Schwingungsmengen um $1/_{1209}$ wechselseitig abweichen, deutlich erkennen.

Musikalische Tonverhältnisse.

§. 1601. Wie die Auffassung der Tonhöhe aus dem Rhythmus hervorgeht, so fußen auch die musikalischen Tonbeziehungen auf den wechselseitigen Verhältnissen der gleichzeitig zum Vorschein kommenden oder unmittelbar auf einander folgenden Tonbildungen. Die Octaven, die nach geometrischen Progressionen mit dem Exponenten 2 fortschreiten, klingen wie verschiedenartige Wiederholungen übereinstimmender Tonarten. Die Consonanz oder die Dissonanz der übrigen zusammenklingenden Tonarten hängt von der Natur der Intervalle ab. Gehen diese stetig fort, so erhält man einen angenehmen, wenn nicht, einen abstoßenden Eindruck.

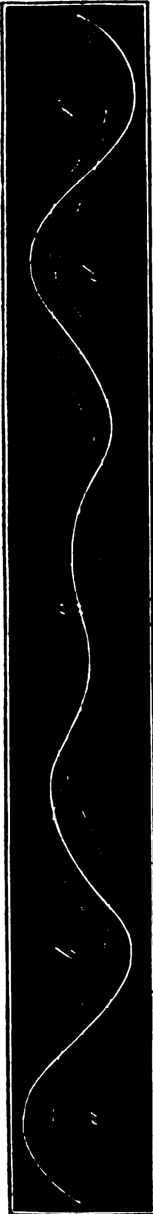
§. 1602. Die Schwingungsmengen des Grundtones c und der Quinte g verhalten sich wie $1 : 3/2$ oder wie $2 : 3$, mithin wie zwei fortlaufende Zahlen. Wir haben auf gleiche Weise $1 : 4/3 = 3 : 4$ für den Grundton und die Quart und $1 : 5/4 = 4 : 5$ für jenen und die Terz (§. 1403.). Alle diese beiderseitigen Tonverbindungen harmoniren unter einander. Die Secunde d und die Septime h geben hingegen $9/8 : 15/18 = 3 : 5$. Sie führen deshalb zu einem dissonirenden Eindrucke. Der harmonische Dreiklang oder die Verbindung des Grundtones, der Terz und der Quinte liefern wiederum $1 : 5/4 : 3/2 = 4 : 5 : 6$ in ihren gegenseitigen Verhältnißzahlen.

Schwebung.

§. 1603. Ein geübtes Ohr kann zwei verschiedene Töne, die gleichzeitig erklingen, mit Sicherheit erkennen. Der eine Eindruck wird hierbei wahrscheinlich etwas früher als der andere aufgefaßt. Fallen aber zwei Töne, deren Schwingungsmengen einander nahe stehen, gleichzeitig ein, so hört man ein abwechselndes Anschwellen und Nachlassen der Tonbildung. Der Grund dieser sogenannten Schwebung erhellt aus der Fig. 358 dargestellten Schemenzeichnung. Wenn nämlich die beiden dünnen Linien die Wellenzüge der zwei Töne versinnlichen, so werden sie sich bei *f*, *d*, *b* und *a* durch Coincidenz verstärken und bei *c* auf dem Wege der Interferenz schwächen. Man kann sich daher die Schwan-

kungen der Stärke durch die dickere Linie in Bezug auf die gerade näher versinnlichen.

Fig. 358.



§. 1604. Die einzelnen Schläge, welche diese Schwebung erzeugt, folgen um so rascher, je mehr die Schwingungszahlen der beiden Töne unter einander übereinstimmen. Wiederholen sie sich mit bedeutender Schnelligkeit, so erzeugt sich der Eindruck einer dritten Tönung, des sogenannten Combinations- oder des Tartini'schen Tones. Combinationston.

§. 1605. Das Ohr unterscheidet die räumlichen Beziehungen weit unvollkommener, als das Auge. Die Erkenntniß der flächenhaften Ausbreitung fällt hier gänzlich weg. Der Tiefendurchmesser oder die Entfernung wird aber vor Allem nur nach der Stärke der Tönung und die Richtung nach der Eindrucksweise, in der eines der beiden Ohren bevorzugt ist, abgemessen. Die Schallwellen, die das eine Ohr zunächst treffen, theilen sich dem zweiten in geschwächtem Grade mit. Es scheint aber nach Seebeck nicht vorzukommen, daß sich die Eindrücke, die beide Gehörwerkzeuge erschüttern, zu einer mittleren Auffassung, wie die Bilder übereinstimmender Netzhautstellen (§. 1553.) ausgleichen. Richtung des Schalles.

§. 1606. Der Nachklang, den man häufig bemerkt, kann von objectiven oder von subjectiven Ursachen herrühren. Die Schwingungen wiederholen sich in dem ersteren Falle eine Zeit lang. Wir haben dagegen in dem letzteren eine ähnliche Wirkung in den nervösen Gehörwerkzeugen, wie sie sich in der Dauer des Netzhauteindruckes für die Gesichtsorgane geltend macht (§. 1533.). Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, die Zeit jenes subjectiven Nachklanges genauer anzugeben. Nachklang.

§. 1607. Die Lähmung des Hörnerven oder des ganzen Labyrinthes muß natürlich zur vollkommenen Taubheit führen (§. 1432.). Man findet aber auch Schwerhörige, die einer Rede genau folgen können, wenn sie das eine Ende eines Stabes zwischen die Hände nehmen und das zweite an einen festen Körper, der sich in der Nähe des Sprechenden befindet, anstemmen. Erinnern wir uns der §. 1597 angeführten Vorstellungen, so darf man vermuthen, daß hier der Vorhof, nicht aber die Schnecke unthätig geworden. Ausschließliche Thätigkeit der Schnecke.

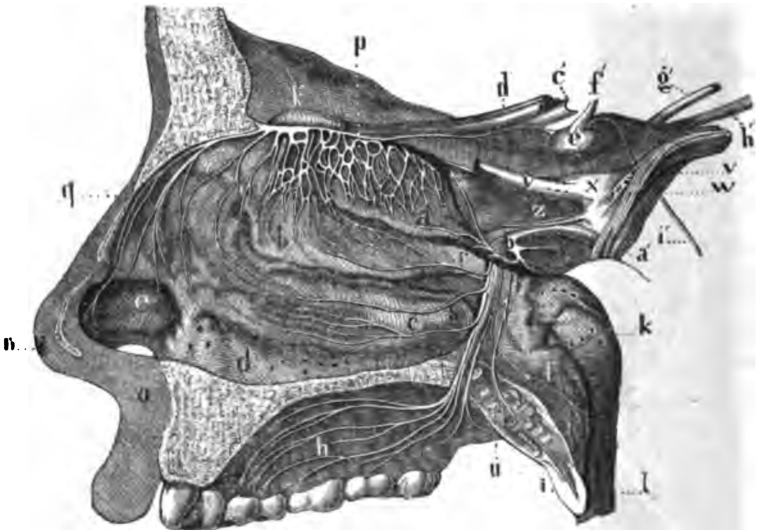
Subjective Gehörempfindung.

§. 1608. Die subjectiven Gehörempfindungen gehen wiederum von zweierlei Ursachen, von Veränderungen, welche die zuleitenden Theile des inneren Ohres treffen, oder von Eingriffen, die auf den Hörnerven unmittelbar wirken, aus. Manche Menschen können den inneren Hammermuskel (§. 1585.) willkührlich zusammenziehen und ein ziemlich starkes, auch jedem Anderen hörbares Knacken auf diesem Wege zu Stande bringen. Treiben wir mehr Luft in die Trommelhöhle, so hören wir hierbei ein eigenthümliches Geräusch, das ebenfalls nur aus der Veränderung der Spannung des Trommelfelles und deren weiteren Folgen hervorgeht. Das Ohrenklingen, das wir bei Congestionen nach dem Kopfe, bei anhaltender Schlaflosigkeit und in einzelnen Gehörkrankheiten häufig antreffen, scheint von dem Hörnerven oder den ihm entsprechenden Hirngebilden vorzugsweise auszugehen. Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, diese Verhältnisse eben so genau, als die subjectiven Gesichtseindrücke, in ihre Einzelheiten weiter zu verfolgen.

Verbreitung des Riechnerven.

§. 1609. **Riechen.** Einzelne Gase oder Dämpfe, die längs der Nasenschleimhaut dahinstreichen, führen zur Geruchsempfindung. Die glatte Scheidewand *a*, Fig. 78, S. 132, trennt die beiden paarigen Abtheilungen der Nasenhöhle. Fig. 359 zeigt dann, wie die äußere Wand

Fig. 359.



beschaffen ist. *a*, *b* und *c* sind die hervorragenden Muscheln, deren Unebenheiten die auskleidende Schleimhaut folgt. *h* der harte und *i* der weiche Gaumen, *f* der oberste Theil des Schlundes und *k* die Mündung der Eustachischen Trompete. *p* stellt die Geflechte des Riechnerven (*o*, Fig. 78, S. 132.) und *q* einen Theil der schmerzempfindenden Nerven, die von dem dreigetheilten Stamme *vw*, Fig. 359, und *s*, Fig. 78, kommen, dar.

Die Verzweigungen des Geruchsnerven, deren Fasern sich durch ihre helle graue Farbe, ihre Feinheit, ihre Weichheit und ihre scheinbare Marklosigkeit auszeichnen, ließen sich bis jetzt nur in dem oberen und dem mittleren Theile der Nasenschleimhaut verfolgen. Es ist auch noch nicht gelungen, ihre Endigungsweise zu erkennen. Man weiß eben so wenig, auf welche Art sie die Geruchsempfindung vermitteln helfen.

§. 1610. Die tägliche Erfahrung lehrt schon, daß sehr kleine Mengen vieler Riechstoffe zur Geruchserregung hinreichen. Der Geruch nach Tabacksrauch, nach Moschus, Ambra oder Phosphorwasserstoff kann dem Papiere Jahre lang anhaften. Ein Körnchen Moschus, das man auf einer heißen Platte theilweise verdampfen läßt, ist im Stande, einen Moschusgeruch, der Monate hindurch fortdauert, einem ganzen Zimmer mitzutheilen. Auffassung von Minimalmengen der Riechstoffe.

§. 1611. Mischt man 1 Volumen eines Riechstoffes mit z. B. 100 Volumina Luft, nimmt hiervon 1 Vol., um es mit neuen 100 Vol. Atmosphäre zu mengen, und schreitet auf diese Art fort, so erhält man natürlich zuletzt eine Gasmasse, die nur ein bekanntes Minimum des gegebenen Riechstoffes einschließt. Man kann Flüssigkeiten, in denen Riechkörper aufgelöst sind, in ähnlicher Weise immer mehr homöopathisch verdünnen. Man hat auf diese Art ein Mittel, die Grenzwerthe, welche das Geruchsorgan wahrnimmt, annähernd bestimmen zu können.

§. 1612. Ein Luftraum, der den 200000sten Theil an Bromdampf einschloß, bot mir einen unangenehmen Geruch im ersten Augenblicke dar. Es bedarf wahrscheinlich weniger als $1/_{600}$ Milligramm Brom, um die eigenthümliche Geruchsempfindung hervorzurufen. Phosphorwasserstoffgas, das nur $1/_{55000}$ des Ganzen dem Volumen nach betrug, lieferte noch einen deutlichen Knoblauchgestank. Schwefelwasserstoffgas scheint bis 1 oder 2 Milliontheile herunterzugehen. Das Geruchsorgan bildet hier das feinste Reagens. Ein mit Salzsäure befeuchteter Glasstab verräth dagegen noch Minimalmengen von Ammoniakdämpfen durch eine weiße Nebelbildung, wenn die Nase des Menschen nichts mehr wahrnimmt.

§. 1613. Die ätherischen Oele, die oft noch mit fetten Oelen verunreinigt sind, können in dieser Hinsicht sehr weit führen. $1/_{20000}$ Milligramm Rosenöl reicht wahrscheinlich schon zur Auffassung des eigenthümlichen Geruches hin. Waren 5 Milligramm Nelkenöl in einen Ballon, der 55 bis 56 Liter faßte, eingetropft worden, so roch derselbe noch nach mehr als drei Monaten nach Gewürznelken.

§. 1614. Der Moschus führt auch hier am Weitesten zurück. Verdünnt man den Weingeistauszug desselben mit Wasser, so findet man, daß ungefähr der zweimillionteste Theil eines Milligrammes spurweise wahrgenommen wird.

§. 1615. Man muß die eigentlichen Riechstoffe von denjenigen Körpern, welche auf die Nasenschleimhaut in anderer Weise wirken, wohl unterscheiden. Zweige des dreigetheilten Hirnnerven, *s*, Fig. 78, Dämpfe riechender und solche ätzender Stoffe.

S. 132, verbreiten sich neben denen des Geruchsnerven, *o*, Fig. 78, in der Innenhaut der Nasenhöhle. Jene führen zu Empfindungseindrücken, welche von denen der übrigen Tastorgane nur ihrer Art, nicht aber ihrem Wesen nach abweichen. Die Sprache des gewöhnlichen Lebens nennt aber noch manche Auffassungen, die größtentheils hierher gehören, Geruchseindrücke. Das kaustische Ammoniak z. B. liefert Wahrnehmungen, die von den ätzenden Wirkungen desselben vor Allem herrühren. Das verhältnißmäßig große Minimum, welches es in der Skale der Riechbarkeit darbietet (§. 1612.), erklärt sich wahrscheinlich aus diesem Grunde.

Strömung der Riechstoffe. §. 1616. Wie die Natur den Kehlkopf nur an einer passenden Stelle der Athmungswerkzeuge einzuschalten brauchte, um das Stimmwerkzeug fertig zu haben (§. 1408.), so kehrt etwas Aehnliches für das Geruchsorgan wieder. Der Luftstrom, den die Athmungsmechanik durch die Nasenhöhle treibt, lieferte die nöthigen Vorbedingungen, sobald die Nasenschleimhaut die erforderliche Organisation darbot und die Zweige des Riechnerven in sich aufnahm.

Nebenhöhlen der Nase. §. 1617. Die Nasenhöhle setzt sich in mehrere Nebenhöhlen, wie die Oberkiefer-, die Stirnhöhlen und die Keilbeinshöhle, fort. Man kennt bis jetzt noch nicht den Nutzen, welchen diese eigenthümlichen Gebilde darbieten. Da sich aber keine Fasern des Riechnerven in ihnen auffinden lassen, so darf man schon von anatomischer Seite erwarten, daß sie Geruchseindrücke nicht vermitteln können. Physiologische Untersuchungen scheinen das Gleiche zu erhärten. Hatte eine krankhafte Zerstörung einen freien Zugang zu einer der Stirn- oder der Oberkieferhöhlen geschaffen, so wurden riechende Flüssigkeiten oder Gase, die man in jene Hohlräume einführte, als solche nicht wahrgenommen. Diese Thatsachen können aber deshalb nicht als vollgültige Beweise angesehen werden, weil gewisse bald zu erwähnende Nebenbedingungen, welche die Geruchsmechanik voraussetzt, in jenen Versuchen hinwegfielen.

Flimmerepithelium der Nase. §. 1618. Die an der Oberfläche der Nasenschleimhaut vorkommende Flimmerbewegung (§. 1196.) übernimmt wahrscheinlich eine wesentliche Rolle für die Geruchsauffassung. Sie erzeugt kleine Wirbelströme der Luft und der in ihr eingeschlossenen Riechtheilchen. Die Unebenheiten, welche die Innenhaut der Nase darbietet, werden die verschiedenartigen Strömungen unterstützen helfen. Die Thatsache, daß ein Kranker, der an heftigem Schnupfen leidet, den Geruch ganz oder theilweise verliert, scheint darauf hinzudeuten, daß der Verlust des Flimmerepithelium, die Anschwellung der Schleimhaut und deren unregelmäßige Absonderung die zum Riechen nöthigen Foderungen unterdrücken können.

Einfluß der Länge der Stromesrichtung. §. 1619. Führt man eine Röhre, durch welche Riechstoffe dahinstreichen, so hoch als möglich in die Nasenhöhle hinauf, so findet man, daß der Geruch allmählig abnimmt und sich endlich gänzlich verliert. Es kommt daher nicht bloß darauf an, daß die riechenden Körper an der Nasenschleimhaut überhaupt dahingehen. Sie scheinen vielmehr einen großen Theil der vorgeschriebenen vollständigen Bahn durchlaufen zu

müssen, um zur Wahrnehmung zu gelangen. Die untere Muschel (*c*, Fig. 359, S. 514.) wird den Einathmungsstrom in eigenthümlicher Weise ablenken. Da wir aber auch im Augenblicke des Ausathmens riechen können, so ergiebt sich, daß jener Weg keine ausschließliche Nebenbedingung der Geruchsempfindung darstellt. Riechstoffe, die von den Choanen aus (*f*, Fig. 78, S. 132.) einströmen, werden zwar schwächer, doch immer noch deutlich wahrgenommen.

§. 1620. Wiederholte Athembewegungen unterstützen die Geruchsempfindung in wesentlicher Weise. Das Aufriechen, das Schnüffeln fußen auf einer stoßenden, verstärkten und beschleunigten Athmungsmechanik. Die Erweiterung der Nasenlöcher soll dann zugleich den Eintritt größerer Luftmassen möglich machen.

§. 1621. Läßt ein Mensch, der wagerecht ausgestreckt liegt, den Kopf herabhängen, so kann man eine Flüssigkeit, wie Weber zuerst angab, durch das eine Nasenloch eingießen, bis sie zu dem anderen herausläuft. Die Untersuchung der Rachengebilde lehrt dann, daß der weiche Gaumen und die Gaumenbogen den Eingang in die Schlundhöhle gänzlich oder größtentheils verschließen. Die Möglichkeit jenes Versuches erklärt sich auf diese einfache Weise. Enthält die Flüssigkeit Riechstoffe, so nimmt sie der Mensch als solche nicht wahr. Spritzt man Mischungen der Art in die Nasenhöhle unmittelbar hinauf, so gelangt man zu einem ähnlichen, obgleich nicht so scharfen Ergebnisse. Wir sehen hieraus, daß die mit tropfbaren Flüssigkeiten bedeckte Nasenschleimhaut ihr Riechvermögen einbüßt. Hat man selbst die Flüssigkeit ablaufen lassen, so dauert die Unthätigkeit einige Minuten lang fort. Stoffe, wie Ammoniak, die ätzend wirken, werden dann selbst in den ersten Augenblicken undeutlich oder gar nicht wahrgenommen.

Unthätigkeit der von Flüssigkeiten umspülten Nasenschleimhaut.

§. 1622. Die Schärfe der Geruchsempfindung wechselt in den verschiedenen Personen in hohem Grade. Während Manche die durchdringendsten Gerüche nicht auffassen, können Andere die leisesten Spuren sogleich bemerken. Jeder Mensch verbreitet eine eigenthümliche Riechatmosphäre, die von seiner Ausdünstung herrührt (§. 848.). Die Wirkung dieser Riechstoffe ist so schwach, daß sie den Meisten entgeht. Manche Wilde erkennen aber auf diese Weise den Pfad, den ein Zweiter eingeschlagen hat. Die augenblickliche Berührung des Bodens oder anderer Nachbartheile reicht hin, um Minima von Geruchsstoffen, die zur Auffassung genügen, darzubieten. Hunde und andere witternde Thiere zeigen in dieser Hinsicht eine gleich große Vollkommenheit ihrer Geruchswerkzeuge. Der Geruch leitet sie bisweilen sicherer oder leichter, als das Gesicht oder das Gehör. Die Natur verleiht auch oft den weiblichen Thieren eigenthümliche Drüsen, deren riechende Absonderung das Männchen zur Brunstzeit aus weiter Ferne anzieht.

Schärfe der Geruchsempfindung.

§. 1623. Manche Stoffe, die einen angenehmen Duft nach dem Urtheil der Meisten verbreiten, kommen Einzelnen geruchlos vor. Dieses gilt z. B. von der Reseda und anderen zarten Riechpflanzen. Es er-

Verschiedenheit der Geruchseindrücke.

eignet sich noch häufiger, daß Körper, die dem Einen unangenehm riechen, einen Anderen anziehen. Der Stinkasand wird von Manchen vorzugsweise gern gerochen. Hysterische Frauen lieben nicht selten den Geruch einer angebrannten Feder oder anderer empyreumatischer Körper. Die Gewohnheit kann umgekehrt die Geruchswerkzeuge abstumpfen. Arbeiter, die mit faulenden Stoffen häufig zu thun haben, Anatomen, Chirurgen und Apotheker können diesen Satz am Deutlichsten beweisen.

Wettstreit verschiedener Gerüche.

§. 1624. Ein starker Geruch unterdrückt feinere Gerüche, die nebenbei vorhanden sind. Läßt man einen Tropfen Nelkenöl und einen Tropfen Pfeffermünzöl in eine große Flasche fallen, so erkennt man häufig nur eines von beiden, vorzüglich das Erstere, nicht aber das Letztere. Der Mangel des Wechsels führt auch hier zuletzt zu völliger Abstumpfung. Ein Mensch, der sich mit Wohlgerüchen fortwährend umgiebt, wird endlich gegen sie vollkommen gleichgültig. Die angenehmsten Dinge können in Folge der Uebersättigung widerlich werden.

Nachgeruch.

§. 1625. Es kommt häufig vor, daß der Geruch die Anwesenheit des Riechkörpers zu überdauern scheint. Obgleich man mit Recht annehmen darf, daß die Geruchsempfindung einen gewissen Nachklang des Eindruckes eben so gut, als die übrigen Sinnesempfindungen darbieten wird, so kann doch jene Erscheinung als kein sicherer Nachweis dieser Wirkungsart betrachtet werden, weil noch vielleicht Minima von Riechstoffen in der Nasenhöhle zurückgeblieben sind.

Wirkung starker Gerüche.

§. 1626. Starke Gerüche führen leicht zu Betäubung und Ohnmacht. Manche erzeugen Uebelkeit, Ekel und Erbrechen. Die genaue Verbindung, in welcher die Riechnerven mit dem Gehirn stehen, erklären vielleicht diese eingreifenderen Wirkungen. Die Wollustempfindungen, die nicht selten hervortreten, scheinen erst mittelbar, mit Hilfe der Erinnerung und der Phantasieeindrücke, möglich zu werden.

Beurtheilung der Richtung der Riechstoffe.

§. 1627. Die Stellung, die wir annehmen müssen, um einen bestimmten Riechstoff wahrzunehmen, bildet das einzige Mittel, die Richtung, von welcher der Geruch herkommt, anzugeben. Alle übrigen feineren Unterscheidungsverhältnisse, die wir in dem Auge (§. 1523.) und zum Theil in dem Ohre (§. 1605.) angetroffen haben, fallen hier gänzlich hinweg.

Wettstreit der beiden Nasenhöhlen.

§. 1628. Hält man sich je einen schwach riechenden Körper vor je ein Nasenloch, so kann man den Geruchseindruck des einen oder des anderen Körpers nach Belieben vorherrschen lassen. Diese Erscheinung erinnert gewissermaaßen an den Wettstreit der beiden Gesichtsfelder (§. 1556.).

Subjective Geruchsempfindungen.

§. 1629. Subjective Geruchsempfindungen kommen im Ganzen häufig vor. Die mechanische Erschütterung, die das heftige Schnäuzen begleitet, kann schon die Auffassung eines eigenthümlichen Geruches nach sich ziehen. Der Galvanismus dagegen führt hier (§. 1578.) zu keinen irgend sicheren Eindrücken. Dupuytren fand zwar, daß Hunde, denen riechende Flüssigkeiten in das Blut gespritzt worden, zu schnüffeln anfingen. Da aber die Riechstoffe in der Ausdünstung ebenfalls

davongehen konnten, so wird man nicht jene Erscheinung mit Sicherheit als einen rein subjectiven Eindruck betrachten dürfen.

Geschmack tropfbarer Flüssigkeiten.

§. 1630. Schmecken. — Wir haben §. 1621 gesehen, daß die Geruchswerkzeuge nur für elastisch=flüssige Körper empfänglich sind. Die Geschmacksorgane hingegen setzen die tropfbar=flüssige Beschaffenheit als Vorbedingung voraus. Unlösliche Massen können höchstens Tastempfindungen, wie das Gefühl der Kälte, nicht aber wahre Geschmackseindrücke hervorrufen. Der gewöhnliche Sprachgebrauch unterscheidet auch hier nicht genau die Auffassungen, die den Tastwerkzeugen eigen sind, von denen, welche den wahren Geschmacksorganen entsprechen. Viele Körper, denen man einen brennenden oder einen kühlenden, einen sauren oder einen ätzenden Geschmack zuschreibt, regen vor Allem nur die schmerzempfindenden, nicht aber die eigentlichen Geschmacksnerven an.

Die Zunge als Geschmackswerkzeug.

§. 1631. Man hält gewöhnlich die Zunge für das ausschließliche Geschmackswerkzeug. Man kann sich aber auf dem Versuchswege leicht überzeugen, daß nicht alle Theile dieses Organes Geschmackseindrücke herbeiführen. Bringt man ein Stückchen Kochsalz, einen Tropfen Essig oder eine Auflösung von Aloeextract auf die vorgestreckte obere und vordere Zungenhälfte, so fehlt der eigenthümliche Geschmack jener Verbindungen so lange, als sie nicht nach der Unterseite der Zunge oder der Zungenwurzel weiter fließen. Die geringste Menge schmeckbarer Körper dagegen wird an der letzteren deutlich wahrgenommen. Der Grund hiervon liegt darin, daß sich die Geschmacksnerven in der Wurzel der Zunge verbreiten, während die Tastnerven die Vorderhälfte derselben vorherrschend versorgen.

Zungenwärzchen.

§. 1632. Eine Reihe verschiedenartiger Erhabenheiten, der sogenannten Zungenwärzchen, bekleidet die Oberfläche der Zunge. Die umwallten Warzen *l*, Fig. 360 (s. f. S.), gehören dem hintersten Theile an. Die kegelförmigen *i* und die fadenartigen *k*, zwischen denen einzelne Mittelformen nicht selten vorkommen, finden sich an den verschiedensten übrigen Stellen des Organes. Jede von ihnen enthält ein reichliches Haargefäßnetz und Nervenfasern, welche die Geschmacks= oder die Tastempfindungen vermitteln können. Es ergiebt sich übrigens aus dem §. 1631 Dargestellten, daß die umwallten Warzen dem Bezirke, der die deutlichsten Geschmackseindrücke liefert, angehören.

Die Reibung als Bedingungsmittel des Geschmacks.

§. 1633. Man hat sich von jeher vielfach gestritten, ob die Zunge allein oder noch andere Gegenden der ersten Verdauungswege Geschmacksempfindungen zu erregen vermögen. So einfach die Versuche, die hierüber entscheiden könnten, zu sein scheinen, so scheiterten doch viele an zweierlei Umständen, die man immer im Auge behalten muß. Streicht man eine flüssige Auflösung auf irgend einen Theil der Rachengebilde, so verbreitet sie sich leicht weiter. Man erhält daher bisweilen Geschmackseindrücke, welche man der betupften Stelle mit Unrecht zuschreibt. Ein ruhender löslicher Körper führt aber gar keine oder höchstens eine schwache

Geschmacksempfindung herbei. Die Bewegung scheint eben so gut eine wesentliche Grundbedingung für das Schmecken, wie die Strömung der Riechstoffe für die Geruchsauffassung zu bilden. Man darf daher die Prüfungskörper nicht bloß mit dem Pinsel auftupfen, sondern muß sie vielmehr hin- und herreiben, ohne daß sie sich nach anderen zweideutigeren Bezirken verbreiten können. Es ereignet sich hierbei, daß zuerst nur der Tasteindruck, später dagegen die wahre Geschmacksempfindung zu Stande kommt.

Fig. 360.



Verschiedene Geschmacksstellen.

§. 1634. Hält man dieses fest, so ergiebt sich, daß süße und bittere Körper an noch anderen Stellen, als an der Zungenwurzel geschmeckt werden können. Man stößt aber auf individuelle Verschiedenheiten, die von der Stärke der Geschmacksempfänglichkeit oder auch vielleicht von anderen Eigenthümlichkeiten abhängen können.

§. 1635. Die Lippen, die innere Oberfläche der Wangen, das Zahnfleisch, die Haut des harten Gaumens und der größte Theil der oberen Fläche der vorderen Zungenhälfte führen nie zu Geschmacksempfindungen. Der hinterste Theil der Zunge, von der Gegend des blinden Loches (*l*, Fig. 360.) an gerechnet, liefert die raschesten und nachdrücklichsten Auffassungen. Die Unterfläche der Zunge besitzt ein lebhaftes Geschmacksvermögen in den meisten Menschen. Einzelne Bezirke des Gaumenbogens, die Ausläufer derselben nach dem Kehldeckel hin, die Mandeln und der Theil der Schlundschleimhaut, welcher der Zungenwurzel gegenüberliegt, seltener der weiche Gaumen und das Zäpfchen, bilden diejenigen Werkzeuge, welche ebenfalls positive Ergebnisse herbeizuführen pflegen.

§. 1636. Man sieht hieraus, daß die Zungenwurzel den ersten Rang unter allen Geschmacksstellen einnimmt, daß aber noch andere

Bezirke, vorzüglich des Rachendurchganges, wenn auch weniger scharf oder schnell schmecken können. Die Mechanik des Niederschluckens (§. 372 ff.) liefert daher nicht bloß die zur Geschmacksempfindung nöthige Bewegung der löslichen oder gelösten Verbindungen, sondern zwängt auch den Bissen durch einen engen Durchgangsweg, der an den verschiedensten Stellen mit Geschmacksvermögen ausgerüstet ist.

§. 1637. Wir werden in der Nervenlehre sehen, daß einzelne Forscher den Zungenschlundkopfnerven (*e*, Fig. 360, und *w*, Fig. 78, S. 132.) für den einzigen Nervenstamm, von dem die Geschmacksempfindung abhängt, halten, während Andere diese Fähigkeit jenem Nerven und dem dreigetheilten Nerven (*g*, Fig. 360, und *s*, Fig. 78.) zugleich zuschreiben. Lassen wir vorläufig die Gründe, welche für die erstere Ansicht sprechen, unberücksichtigt, so ist so viel gewiß, daß die Zungenwurzel, welche die lebhafteste Geschmacksempfänglichkeit darbietet, eine große Menge von Fasern des Zungenschlundkopfnerven in sich aufnimmt. Geschmacksnerven.

§. 1638. Man kann häufig bemerken, daß wir Eindrücke, die wir nicht deutlich auffassen, als einen schwach sauren, bitteren oder gesalzenen Geschmack zu deuten suchen. Diese Thatsache kann mancherlei Täuschungen herbeiführen. Sie trügt leicht, wenn man die einzelnen Geschmacksstellen erforschen will. Sie führte vermuthlich zu der von manchen Forschern vertheidigten Annahme, daß Körper, wie Schwefelsäure, Kochsalz oder Ochsengalle, ungleiche Geschmackseindrücke erzeugen, je nachdem sie auf die verschiedenen Warzen oder andere Bezirke der Geschmacksorgane aufgetragen werden. Unrichtige Deutung der Empfindung.

§. 1639. Wenn man die Lösungen schmeckbarer Körper immer weiter verdünnt, so gelangt man endlich zu Mischungen, die keine deutlichen Geschmackseindrücke herbeiführen. Dieses Verfahren liefert daher ein Mittel, die Feinheit der Geschmacksfähigkeit in ähnlicher Weise, wie die der Geruchsempfänglichkeit (§. 1611.), näher zu bestimmen. Es zeigt sich zunächst hierbei, daß der Geschmack süßer Körper, wie z. B. des Zuckers oder des Syrups, verhältnißmäßig am Frühesten verloren geht. Die Grenze des Rohrzuckers liegt schon ungefähr bei 1 bis $1\frac{1}{2}$ % für meine Geschmackswerkzeuge. Kochsalz führte etwas weiter. Sehr saure oder sehr bittere Verbindungen dagegen, wie die Schwefelsäure, das Aloeextract oder das schwefelsaure Chinin werden noch in den bedeutendsten Verdünnungen mit Sicherheit erkannt. $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{50}$ Milligramm Schwefelsäure, $\frac{1}{50}$ des Aloeextractes und $\frac{1}{62}$ des basisch schwefelsauren Chinins können zur Auffassung der Geschmackseigenthümlichkeiten hinreichen. Minima der schmeckbaren Stoffe.

§. 1640. Man darf von vorn herein erwarten, daß hier nicht bloß die Verdünnung, sondern auch die absolute Menge der Flüssigkeit den Erfolg bestimmen wird. Wir stoßen aber hierbei auf eine Norm eigenthümlicher Art. Man braucht nämlich von einer dichteren Lösung eines schmeckbaren Stoffes so wenig herunterzuschlucken, daß die absolute Menge desselben kleiner ausfällt, als die in einer verdünnteren

Auflösung enthaltene Masse, welche die Geschmacksempfindung zuerst herbeiführen kann. Die größten Verdünnungen belehren daher keineswegs über die absoluten Minimalwerthe der wahrnehmbaren Verbindungen.

Empfänglichkeit für Geschmackseindrücke. §. 1641. Der Empfänglichkeitswechsel, der uns in dem Geruchsorgane begegnete (§. 1623.), kehrt auch in den Geschmackswerkzeugen wieder. Während es einzelne Wein- oder Theeschmecker zu einer unglaublichen Virtuosität bringen können, liefern andere Menschen die merkwürdigsten Beispiele von Gleichgültigkeit für Geschmacksverhältnisse. Der Eine liebt häufig faulende Dinge, die der Andere zurückweist. Gewohnheit und Vorurtheil greifen übrigens auf diesem Gebiete sehr tief durch. Bittere Massen lassen oft ihren Geschmack lange zurück, weil nur Minimalmengen zur Erregung hinreichen. Manche Stoffe liefern nicht selten einen Nachgeschmack, der von dem ursprünglichen abweicht. Befinden sich zwei verschieden schmeckbare Körper auf den beiden Seitenhälften der Zungenwurzel, so kann man nicht selten den einen vor dem anderen bevorzugen.

Geruch und Geschmack. §. 1642. Es ereignet sich häufig, daß ein schmeckbarer Körper, der Riechstoffe entbindet, die Geruchswerkzeuge zugleich anregt. Diese beiden Sinne stehen aber in keiner solidarischen Wechselwirkung. Der Unterschied beruht nicht bloß darauf, daß die Nase elastisch flüssige und die Geschmackswerkzeuge tropfbar flüssige Verbindungen auffaßt. Sollen die entsprechenden Sinneseindrücke möglich werden, so müssen vielmehr gewisse noch unbekannte Eigenschaften, welche die Geruchs- oder die Geschmacksnerven in Thätigkeit setzen, als wesentliche Bedingungsglieder hinzutreten.

Subjective Geschmacksempfindungen. §. 1643. Die Geschmacksorgane liefern vermuthlich ihre subjectiven Empfindungen eben so gut, als die übrigen Sinneswerkzeuge. Die meisten hierher gerechneten Erscheinungen lassen jedoch mit Recht bezweifeln, ob nicht ein objectiver Eindruck wahrhaft vorhanden war. Wenn ein Kranker an bitterem Geschmacke leidet, so frägt es sich, ob nicht die veränderte Blutmasse bittere Stoffe, die zu den Geschmacksnerven weiter dringen, in die Ernährungsflüssigkeit absetzte. Dasselbe gilt von denjenigen Versuchen, in welchen schmeckbare Flüssigkeiten in die Blutmasse eingespritzt worden. Ein galvanischer Strom kann eine scheinbar subjective Geschmacksempfindung auf dem Wege der elektrolytischen Zersetzung herbeiführen.

Natur der Tastnerven. §. 1644. **Tastempfindung.** — Wir werden später sehen, daß Verletzungen des Geruchs-, des Gesichts- oder des Gehörnerven keine Schmerzensgefühle zur Folge haben. Diejenigen Nervenfasern dagegen, von welchen die Tastempfindungen abhängen, können unter anderen Verhältnissen Schmerz herbeiführen. Man sagt daher auch, daß die Tasteindrücke von sensiblen, die Leistungen der höheren Sinne dagegen von sensuellen Nerven vermittelt werden.

§. 1645. Jede freie äußere oder innere Oberfläche wäre an und für sich zum Tasten geeignet, wenn nicht eine eigenthümliche, von den

Nerven ausgehende Erscheinung die Zahl der empfänglichen Gebilde wesentlich beschränkte. Wir werden in der Nervenlehre finden, daß die meisten Nerven der Eingeweide keine bewußten Vorstellungen unter den gewöhnlichen Verhältnissen anregen. Sie können dagegen Schmerzen unter außerordentlichen Nebenbedingungen auftreten lassen. Es erklärt sich hieraus, weshalb wir die Speisen und die Speisereste in dem größten Theile des Nahrungscanales nicht bemerken, warum wir die Bewegung des Blutes in dem Herzen und den großen Gefäßen nicht fühlen, und der größte Theil der vegetativen Thätigkeiten unbewußt und unwillkührlich vollführt wird.

§. 1646. Die Gesammtfläche der äußeren Haut, der äußere Gehörgang, die Bindehaut, der größte Theil der Oberflächen der Nasenhöhle, der Mundhöhle, des Schlundes und zum Theil der Speiseröhre, die Endstücke des Mastdarmes, die Harnröhre und die unteren Abschnitte der männlichen und der weiblichen Geschlechtswerkzeuge können mehr oder minder deutliche Tastempfindungen vermitteln. Man darf jedoch nicht alle diese Gebilde ohne Weiteres gleichstellen. Die Zungenspitze und die Haut liefern die vollkommensten Anschauungen in dieser Beziehung. Die übrigen freien Flächen dagegen führen zu unbestimmteren Auffassungen, die leicht in Schmerzensgefühle übergehen. Sie tasten gleichsam nur nebenbei, weil sie mit sensiblen Nerven (§. 1644.) ausgerüstet worden. Sie bilden aber keine Tastwerkzeuge im engeren Sinne, denen eine höhere Bestimmung auf diesem Thätigkeitsfelde angewiesen wäre. Tastbezirke.

§. 1647. Die Tastorgane lassen uns vor Allem zweierlei Wirkungsarten auffassen. Sie zeigen mechanische Wechselzustände oder Temperaturveränderungen an. Soll die Sinnesempfindung rein bleiben, so dürfen die Anregungen gewisse Grenzen nicht überschreiten. Zu heftige Eingriffe der einen oder der anderen Art dagegen führen unmittelbar zu Schmerzensregungen. Bestimmung der Tastwerkzeuge.

§. 1648. Betrachten wir zunächst die Vorbereitungsgebilde, welche die äußere Haut darbietet, so sehen wir, daß sie nach außen eine dickere oder dünnere Oberhaut (Taf. IV. Fig. LXII. a. b.) führt. Die Erhabenheiten oder die Tastwärzchen der Lederhaut (Taf. IV. Fig. LXII. d. e.) erzeugen Vorsprünge, denen die Oberhautschichten mehr oder minder nachfolgen und die sich z. B. an den Volarseiten der Endglieder der Finger am Deutlichsten und Regelmäßigsten dem freien Auge darstellen. Die in der Lederhaut verlaufenden Nerven vermitteln die Tastempfindungen. Die Gewebe von jener und die Oberhaut liefern die vorangehenden Vermittelungsglieder, von denen das Ergebniß des Eindruckes wesentlich abhängt. Bau der Tastwerkzeuge.

§. 1649. Etwas Aehnliches wiederholt sich in den übrigen Tastflächen. Die Zunge z. B. führt ein mehr oder minder starkes Pflasterepithelium, welches die Stelle der Oberhaut vertritt. Die Nerven verlaufen in dem tieferen Fasergewebe, das der Lederhaut entspricht.

Druckwirkungen. §. 1650. Der Widerstand, den ein Körper der fühlenden Haut mittelst seiner Consistenz entgegensetzt, der Druck und die Verrückung, welche die einzelnen Gewebtheile erleiden, bedingen die einfachsten mechanischen Tasterregungen. Wir urtheilen hiernach über die Härte oder die Weichheit der Berührungssubstanz. Da aber die Dicke der Oberhaut eines jeden Menschen an den verschiedenen Körperstellen abweicht, so kann dieselbe Masse ungleiche Eindrücke nach Verschiedenheit der Tastorte schon aus diesem Grunde anregen. Eine Druckgröße, die an den Lippen Schmerz erzeugt, wird noch an der Fußsohle, welche die dickste Oberhaut besitzt (Taf. IV. Fig. LXII. a. b.), Tastempfindungen bedingen. Eine Stelle, die ihrer Oberhaut, d. h. des regelrechten Mäßigungsmittels der Reize beraubt worden, führt daher zu Schmerzen unter den geringsten Veranlassungen.

Gesonderte Auffassung zweier Punkte. §. 1651. Wenn zwei Punkte eine ruhende Hautfläche berühren, so können sie nur dann, wenn ihre gegenseitige Entfernung eine gewisse Grenze überschreitet, gesondert wahrgenommen werden. Der Minimalabstand, den man auf diese Art erkennt, wechselt aber mit der Verschiedenheit der Hautstellen, wie Weber zuerst nachwies. Man hat daher hierin ein Mittel, eine Empfindlichkeitsskale der einzelnen tastenden Oberflächen in dieser Beziehung aufzufinden. Man bewaffnet zwei Cirkelspitzen mit passend zugeschnittenen Korkstücken, die jeden schmerzhaften Eindruck verhüten sollen, und prüft dann, in welcher kleinsten Entfernung sie gesondert erkannt werden. Ein noch geringerer Abstand liefert einen unbestimmten Eindruck eines lang gezogenen Punktes, bis endlich eine vollkommen einfache Auffassung bei fernerer Annäherung zum Vorschein kommt.

Empfindlichkeitsskale der Haut. §. 1652. Die absoluten Werthe, denen man auf diesem Felde begegnet, schwanken in hohem Grade. Eine gegebene Hautstelle kann in dem einen Menschen vier bis fünf Mal so viel, als in einem anderen liefern. Die auffallenderen Verschiedenheiten zeigen sich vorzugsweise in denjenigen Bezirken, die größere absolute Werthe schon an und für sich zeigen. Eine feine Haut und eine lebhaftere geistige Thätigkeit scheinen kleinere Abstände möglich zu machen.

§. 1653. Die Zungenspitze besitzt das feinste Tastvermögen unter allen Körpertheilen. Die Minimalentfernung liegt hier ungefähr bei 1 Mm. (genauer bei 1,09 Mm. im Durchschnitt). Die Mitte der Rückenhaut, welche 54 bis 68 Mm. als kleinsten Abstand zeigt, bildet den stumpfesten Tastbezirk. Wir sehen hieraus, daß die beiderseitigen Extreme um etwas mehr als das 50- bis 60fache von einander abweichen können.

§. 1654. Legt man den für die Zungenspitze gültigen Durchschnittswerth als Einheit zum Grunde, so findet man 1,2 für das Endglied des Zeigefingers und 1,5 für das eines jeden der übrigen Finger. Die Volarseiten des ersten und des zweiten Gliedes haben schon 3,3 und die Rückenflächen der letzten Fingerglieder 4,4.

§. 1655. Die rothen Theile der Lippen zeigen 3,1 und die weißen 4,6. Die ungleiche Dicke der Ueberzüge und vielleicht auch die Nervenverhältnisse liegen dieser eigenthümlichen Abweichung zum Grunde. Die übrige Haut des Gesichtes tastet noch stumpfer. Die Außenfläche der Augenlider hat 7,9, die Wangenhaut 9,4 bis 10,9 und die untere Stirngegend 12,4.

§. 1656. Die Tastempfänglichkeit des Fußes steht der der Hand in jeder Beziehung nach. Die Volarseite des Endgliedes des Daumens zeigt z. B. 1,5, die der großen Zehe dagegen 6,7. Die Rückenfläche der Hand liefert 4,4 bis 14,4 und die des Fußes 12,2 bis 25,9.

§. 1657. Die Endglieder oder die Hand und der Fuß tasten feiner, als die Mittelglieder, d. h. als der Vorderarm und der Unterschenkel, und diese wiederum zarter, wie die Rumpfglieder oder der Oberarm und der Oberschenkel. Die beiden letzteren Klassen von Gebilden gehören übrigens fast durchgehends zu denjenigen Theilen, deren Tastvermögen keine hohe Entwickelungsstufe erreicht. Die Umgebungen des Ellenbogen- und des Kniegelenkes reihen sich den verhältnißmäßig empfindlichen Abschnitten an. Ihre Anregung führt leicht Schmerzen herbei.

§. 1658. Das Gesicht tastet genauer, als der Scheitel und der Nacken. Die Rückenfläche des Rumpfes steht der Bauchseite ebenfalls nach.

§. 1659. Die Größen der Minimalentfernungen scheinen sich im Erwachsenen im Laufe der Zeit nicht wesentlich zu ändern. Meine Haut giebt wenigstens heute noch ungefähr die gleichen Werthe, die sie vor 11 Jahren dargeboten hat.

§. 1660. Die Reibung einzelner Hautstellen führt zu den eigenthümlichen Gefühlen des Kitzels oder der Wollust. Solche Bezirke nehmen keineswegs hohe Werthe in der Skale der Tastempfindlichkeit nothwendiger Weise in Anspruch. Die Achselhöhle bietet 26,9 und die Vorhaut 10,6 als Minimalzahl dar. Kitzel- und Wollustgefühle.

§. 1661. Die Uebung kann das Tastgefühl ungemein schärfen. Einzelne Blinde erkennen auf diese Art verschiedene Färbungen an den unmerklichen Abweichungen des Kornes derselben. Die bengalischen Spinnerinnen liefern eine Feinheit des Unterscheidungsvermögens der mannigfachen Cocconfäden, die fast an das Unglaubliche grenzt. Menschen, denen die Arme fehlen, können das Gefühl der Zehen so sehr ausbilden, daß es mit dem der Endspitzen der Finger gesunder Personen übereinstimmt. Schärfung des Tastgefühls.

§. 1662. Das Urtheil pflegt die Minimalgröße des Abstandes, in dem zwei Punkte gesondert erkannt werden, als Maaßeinheit zum Grunde zu legen. Eine eigenthümliche Täuschung, auf die Weber zuerst aufmerksam machte, erklärt sich aus dieser Thatsache. Führen wir die beiden mit Kork gedeckten Zirkelspitzen von der Wange nach der Oberlippe hinab, so kommt es uns vor, als wenn sich der Abstand allmählig ver- Distanztäuschungen.

größerte, weil wir hier von unempfänglicheren zu empfindlicheren Stellen fortschreiten.

Ursache der verschiedenen Tastempfänglichkeit. §. 1663. Man ist bis jetzt noch nicht im Stande, die Ursachen der verschiedenen Tastempfänglichkeit der einzelnen Hautstellen mit Sicherheit anzugeben. Die Dicke der Oberhaut bildet hin und wieder ein Hilfsmittel der Feinheit oder der Stumpfheit. Sie geht aber nicht immer dem Tastvermögen parallel. Viele Forscher haben angenommen, daß eine Hautstelle, die kleinere Minimalwerthe hat, auch um so mehr Nerven besitzt. Diese Voraussetzung ist jedoch bis jetzt nicht bewiesen. Man kann sogar mit Bestimmtheit behaupten, daß die Nerven der Rückenhaut keineswegs 50 bis 60 Mal sparsamer, als die der Zungenspitze ausfallen.

Nebenverhältnisse der Tastempfindung. §. 1664. Die Tastempfindungen scheinen etwas langsamer, als die Auffassungen der übrigen Sinne zu Stande zu kommen. Eine stärkere Erregung unterdrückt auch hier leicht die schwächere. Gesellen sich schmerzhafte Empfindungen hinzu, so geht der Tasteindruck leicht zu Grunde.

Unsicherheit der Ortsbestimmung. §. 1665. Der Ort, der von einem drückenden Körper getroffen wird, kann mit verbundenen Augen um so unsicherer, je stumpfer der entsprechende Bezirk fühlt, angegeben werden. Wir irren uns daher auch häufig genug, wenn wir nach einem bestimmten Punkte des Nackens, des Rückens, des Unterschenkels u. dgl. hingreifen wollen. Werden verschiedene benachbarte Hautstellen gleichzeitig gedrückt, so ist die Beurtheilung der Richtung durch die ungleiche der Erregung der einzelnen Stellen wesentlich erleichtert. Gleichzeitige Verschiebungen oder Muskelverkürzungen können das Urtheil noch sicherer machen.

Bestimmung der Form der Tastkörper. §. 1666. Die Empfänglichkeit der einzelnen Hautstellen übt einen großen Einfluß auf die Beurtheilung der Formeigenthümlichkeiten der Tastobjecte aus. Das Druckbild einer hohlen Röhre oder eines Prisma erscheint erst dann deutlich, wenn die Durchmesser der aufgesetzten Masse die Minimalabstände der Tastempfänglichkeit überschreiten. Eine empfindlichere Hautstelle erkennt auf gleiche Weise kleinere Rauhigkeiten schärfer, als eine unempfindlichere. Reibt man eine geflochtene Haarkette an der Nackenhaut, so erhält man einen weit unbestimmteren Eindruck, als wenn man den Versuch an der Zungenspitze wiederholt.

Unterstützung der Muskelbewegung. §. 1667. Läßt man die tastende Hautfläche an dem befühlten Körper dahingleiten, so wird hierdurch die Klarheit der Auffassung wesentlich befördert. Das Bewußtsein, in welcher Weise die Verkürzungsgebilde thätig sind, um den gegebenen Erfolg herbeizuführen, leitet hier häufig das Urtheil, das sonst in der Ruhe schwankender ausfällt. Der Blinde erkennt auch erst viele Körpergestalten mit dieser Nebenhilfe.

Gewichtsschätzung. §. 1668. Der Druck, den ein ruhender Körper auf eine Tastoberfläche ausübt, kann über das Gewicht desselben ungefähr belehren. Müssen sich zugleich die Muskeln in einem gewissen Grade zusammenziehen, um den nöthigen Widerstand zu leisten, so gewinnt hierdurch die Schärfe der Auffassung in wesentlicher Weise, weil das Bewußtsein der nöthigen

Verkürzungsgröße den Vergleich erleichtert. Läßt man die Gewichtsschätzung mit aufliegender oder mit freier Hand vollführen, so kann man sich hiervon am Ehesten überzeugen.

§. 1669. Weber[44]) fand z. B. in dem ersteren Falle, daß Gewichte, die sich wie 29 : 30 verhielten, wechselseitig unterschieden werden konnten. Waren sie dagegen in einem Tuche eingebunden frei gehalten worden, so zeigte sich 39 : 40. Ich selbst vermochte die Belastungen im Durchschnitt fast noch ein Mal so fein zu beurtheilen, wenn ich die Beschwerungsmassen frei in der Hand hatte und die nöthigen Schätzungsbewegungen vollführte, als wenn dieses nicht der Fall war.

§. 1670. Läßt man eine Billardkugel von der Wange nach den Lippen hinabrollen, so scheint sie an Gewicht zuzunehmen. Wir haben hier eine ähnliche, obgleich nicht so entschieden ausgesprochene Täuschung, als für die Abstandsbestimmungen (§. 1662.). Eine empfänglichere Hautstelle scheint auch durchschnittlich kleine Unterschiede von Gewichten, mit denen sie nach und nach belastet wird, schärfer zu erkennen. Man findet jedoch häufig genug, daß Hautbezirke, wie die Hand und der Vorderarm, die in der Wahrnehmung der Entfernungen wesentlich abweichen, zu sehr untergeordneten Differenzen in dieser Beziehung zu führen pflegen. Dünnere Hautstellen gewinnen hier eher den Vorrang, als in den Abstandsbestimmungen.

§. 1671. Die rechte Hand scheint den Druck lebhafter als die linke aufzufassen. Eine größere Masse oder ein Körper, dessen Temperatur von der unserer Haut wesentlich abweicht, werden leicht für schwerer, als sie wahrhaft sind, von den Meisten geschätzt.

§. 1672. Legt man zwei nur wenig unterschiedene Gewichte von gleicher Oberfläche und gleicher Wärme auf dieselbe Hautstelle kurz nach einander auf, so fällt im Allgemeinen die Bestimmung um so richtiger aus, je kürzer die Zwischenzeit der Ruhe ist. Die Feinheit der Erinnerung nimmt hier, wie in den übrigen Sinnen, allmählig ab.

§. 1673. Obgleich die Tastoberflächen über die Temperatur belehren können, so zeigen sie diese doch nicht wie ein Thermometer an, d. h. sie geben keinen Eindruck der stabilen Verhältnisse, sondern nur der Veränderungen, welche die Ausgleichung der Wärmegrößen herbeiführt. Ein Körper, der die Haut berührt, kommt uns nur insofern kalt oder warm vor, als er die Wärme der Tastoberfläche selbst wechseln läßt. Wärmeschätzung der Haut.

§. 1674. Obgleich die Mechanik der Temperaturempfindung so gut als gänzlich unbekannt ist, so lassen sich doch wenigstens zwei Punkte von theoretischer Seite mit vieler Wahrscheinlichkeit hervorheben. Da der Wechsel der Wärme das Volumen der festen und der flüssigen Massen, obgleich in sehr geringem Grade, ändert (§. 182.), so werden sich hierbei die Molecüle der Tastgewebe verrücken. Es könnte dieses möglicherweise auf die in ihnen enthaltenen Empfindungsnerven zurückwirken. Ist es aber vor Allem die Temperaturschwankung, die wir als solche erkennen, so muß jedenfalls nur ein vorübergehender, von Augenblick zu Augen-

blick wechselnder Eingriff die Auffassung vor Allem bedingen. Wir haben hier eine gewisse Aehnlichkeit mit den Einflüssen der Ableitung der Elektricitätscurve (§. 232.), die bei dem Schlusse und der Oeffnung der Kette eingreift und hier vorzüglich zu Zuckungen führt (§. 1241.).

§. 1675. Der Wärmegrad, den die Haut im Augenblicke hat, liefert den Maßstab, nach dem wir die Temperatur anderer Körper zu schätzen pflegen. Haben wir die Hand in Wasser von 40° C. getaucht, so wird uns eine Flüssigkeit, die 32° C. darbietet, unmittelbar darauf kühl vorkommen. Sie erscheint dagegen lauwarm, wenn sich die Tastoberfläche in einer Flüssigkeit von 20° C. befunden hat.

§. 1676. Das Leitungsvermögen und die specifische Wärme der Körper, die unsere Tastflächen berühren, entscheiden natürlich in hohem Grade über die Temperatureindrücke, die wir wahrnehmen können. Läßt man eine Reihe verschiedenartiger Metallstäbe, die gleiche Form- und Raumverhältnisse liefern, in demselben Wasserbade stehen, so erzeugt deshalb das Kupfer einen anderen Eindruck wie das Blei. Das Kältegefühl, welches das Quecksilber veranlaßt, erklärt sich ebenfalls aus diesen Erscheinungen.

§. 1677. Wenn ein heißer Körper die Oberfläche der Haut berührt, so trocknen die Gewebe ein. Dieser Umstand allein kann schon Schmerz herbeiführen. Der unangenehme Eindruck hört daher auf oder tritt wenigstens in den Hintergrund, wenn wir die verbrannte Hautstelle, bis die Durchweichung den früheren Spannungszustand hergestellt hat, in kaltem Wasser halten. Da aber warme Flüssigkeiten ebenfalls verbrennen, so ergiebt sich, daß nicht bloß jene mechanische Verrückung der Hautgewebe, sondern auch die Fortleitung der höheren Temperaturgrade das Gleichgewicht der Nerven anhaltend stören kann. Die längere Nachdauer des Schmerzes lehrt zugleich, daß hier fortgesetzte Molecularveränderungen durchgreifen.

§. 1678. Ein Mensch kann seine Hand einen Augenblick in eine geschmolzene Metallmasse ohne Nachtheil eintauchen. Dieser Versuch, der häufig genug von Gauklern angestellt wird, stimmt im Wesentlichen mit derjenigen Erscheinung, die man unter dem Namen des Leidenfrost'schen Versuches in der Physik kennt. Hat man nämlich einen Platinlöffel rothglühend gemacht, so geht ein Wassertropfen, den man hineinwirft, in den sogenannten sphäroidalen Zustand über, d. h. er rundet sich, wie eine Quecksilberkugel ab, ohne in's Kochen zu gerathen. Läßt man das Platin abkühlen, so tritt dann ein Zeitpunkt ein, in welchem das Wasser auf das Lebhafteste zu sieden anfängt. Eine umgebende Dampfschicht hindert wahrscheinlich die nöthige Temperaturerhöhung in dem ersteren Falle. Die Dunstmasse, welche die stets befeuchtete und mit noch anderen verflüchtigbaren Körpern überzogene Oberhaut liefert, bildet die schützende Hülle, die vor der Verbrennung für kurze Zeit sichern kann.

§. 1679. Man überzeugt sich leicht, daß die verschiedenen Hautstellen eine sehr ungleiche Empfänglichkeit für den Verbrennungsschmerz darbieten. Die Gegend des Ellenbogens ist in dieser Hinsicht bei Weitem empfindlicher, als andere Bezirke, welche kleine Minimalabstände zweier Körper genauer unterscheiden können. Die Dünne der Oberhaut und der Nervenreichthum der Tastwerkzeuge scheinen den Erfolg vor Allem zu bestimmen.

§. 1680. Die Oertlichkeit der Tastorgane entscheidet auch über die Dauer, nach welcher der Verbrennungsschmerz eintritt. Die Zungenspitze und das Endglied des Zeigefingers konnten z. B. 4, und das des Mittelfingers nur 3 Secunden in Wasser von 80° C. aushalten. Warme Körper, die an den empfindlicheren Hautstellen aufliegen, kommen uns heißer vor. Taucht man eine größere Hautfläche in warmes oder kaltes Wasser, so erscheint auch die Flüssigkeit höher oder niedriger temperirt, als wenn man kleinere Tastflächen zu demselben Versuche gebraucht.

§. 1681. Wenn ein bedeutender Kältegrad die Haut durchdringt, so finden sich zuerst die Zeichen der Erstarrung ein. Wir haben das Gefühl des Pelzigwerdens, des Kriebelns, des Ameisenlaufens oder des Stechens. Die Tastempfänglichkeit leidet hierbei in wesentlicher Weise. Man fühlt die Berührung der Körper undeutlicher. Man hat einen Eindruck, als wenn eine Zwischenmasse zwischen ihnen und der Hautoberfläche eingeschaltet wäre. Die ersten Spuren der Gerinnung des Nervenmarkes bilden wahrscheinlich die Hauptursache. Greift die niedere Temperatur tiefer durch, so erzeugt sich ein lebhaftes Schmerzensgefühl, das sich nicht bloß auf die Berührungsfläche beschränkt, sondern längs der entsprechenden Nervenverbreitungen weiter schießt. Hat man z. B. den Ellenbogen in Eis versenkt, so kann sich die unangenehme Empfindung bis zu den Fingern hinab ausdehnen.

§. 1682. Man darf im Allgemeinen annehmen, daß nur Körper, deren Temperatur unter 10° C. oder über 50° C. liegt, Schmerzen herbeiführen. Man sieht hieraus, daß das Brennen erst bei einer Wärmegröße, welche die thierische Wärme ziemlich bedeutend übertrifft (§. 1165.) und die Molecularverhältnisse der Nerven wesentlich stört, durchzugreifen pflegt.

§. 1683. Die ungleiche Temperatur der verschiedenen Hautstellen, welche abweichenden Ableitungs- oder Abkühlungsverhältnissen unterworfen sind und die mannigfache Dicke der schlechten Wärmeleiter, welche die Tastwerkzeuge beschützen (§. 204.), machen es unmöglich, eine genaue Skale der Temperaturempfänglichkeit der einzelnen Hautbezirke auszumitteln. Dieser Umstand täuscht auch häufig bei der gleichzeitigen Bestimmung der Temperaturen zweier Flüssigkeiten mit beiden Händen. Prüft man dagegen Mischungen, die in ihren Wärmegraden nahe stehen, mit derselben Hand unmittelbar hinter einander, so kann die Schätzung sehr befriedigend ausfallen. Greifen keine Schmerzensempfindungen stö-

rend ein, so unterscheiden empfindlichere Menschen Abweichungen, die $1/4$ bis $1/2^{0}$ C. betragen.

Unterdrückung der Tastempfindungen durch Schmerz oder Wollust.

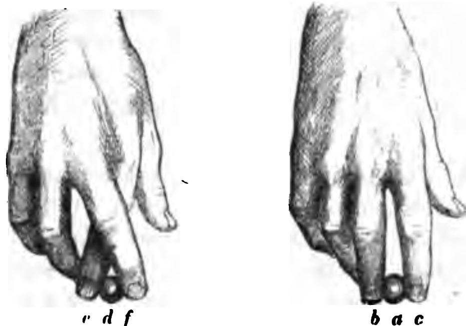
§. 1684. Die schmerzhaften Temperaturgefühle unterdrücken wiederum die feineren Tastempfindungen. Die Wollust und die ihnen ähnlichen Erregungen können den Schmerz wenigstens für den Augenblick vergessen lassen. Man bemerkt häufig, daß Menschen einzelne Stellen, die an Ausschlägen leiden, unter den angenehmsten Empfindungen blutig kratzen, während sich der mehr oder minder lebhafte Schmerz erst später einstellt. Onanisten verletzen sich nicht selten ihr Glied auf das Heftigste, um ihre unnatürlichen Gelüste desto nachdrücklicher zu befriedigen.

Sonderung der Tasteindrücke.

§. 1685. Obgleich die meisten Tastwerkzeuge symmetrisch und paarig angelegt sind, so liefern doch nie zwei entsprechende Hautstellen einen einfachen Eindruck. Wir haben daher hier keine Erscheinung, die sich den Verhältnissen der übereinstimmenden Netzhautbezirke gleichstellen ließe. Man stößt dagegen hier auf ein gewisses Seitenstück des Doppeltsehens. Das Doppeltfühlen, das unter gewissen künstlichen Verhältnissen zum Vorschein kommt, beruht aber auf ganz anderen Grundlagen, als die zweifachen Bilder, die wir bei dem willkührlichen Schielen oder bei der unpassenden Einstellung der Leitlinien (§. 1549.) wahrnehmen können.

§. 1686. Rollt man eine Kugel *a*, Fig. 361, zwischen der äußeren Seite des Zeigefingers *c* und der inneren des Mittelfingers *b*, so erhält man den gewöhnlichen einfachen Eindruck. Kreuzt man dagegen die beiden genannten Finger, wie es *e* und *f*, Fig. 361, zeigt, so glaubt man zwei Kugeln wahrzunehmen, wenn *d* reibend dahin gleitet. Der Grund dieser Auffassungsweise liegt darin, daß wir die Zeugnisse der thätigen Tastoberflächen unserem Gesammturtheil zum Grunde legen. Die gewöhnliche Stellung *bc* liefert uns zwei zugewandte concave Flächen, die wir zu einer einzigen Kugel in Gedanken ergänzen, *f* dagegen eine Concavität, die nach außen, und *e* eine solche, die nach innen verlegt wird und die wir daher zu zwei mehr oder minder vollkommenen Kugeln zu ergänzen suchen. Kreuzt man den Daumen und den kleinen Finger, wie *e* und *f*, Fig. 361, so tritt das Doppeltfühlen in den Hintergrund, weil die freiere Muskelbewegung dieser Theile und die minder gezwungene Lage, welche sie deshalb annehmen, das Urtheil berichtigen helfen.

Fig. 361.



§. 1687. Die subjectiven Eindrücke der Tastwerkzeuge können auf jede der verschiedenen Wirkungsarten, deren dieses Sinnesorgan fähig ist, bezogen oder wenigstens in einseitiger Weise aufgefaßt werden. Wir haben daher die Gefühle des Drückens, des Stechens, des Prickelns, des Brennens, des Fröstelns (§. 1176.) u. dergl. Unrichtige Deutungen gehen aus solchen Störungen häufig hervor. Leidet ein Mensch an Halblähmung seiner Fußsohlen, so kommt es ihm bei dem Stehen nicht selten vor, als wenn sich eine Wasserblase unter seinen Füßen befände. Ist ein Theil der Unter= oder der Oberlippe gänzlich gelähmt, so glaubt der Kranke bisweilen, daß ein Stück des Glases, aus dem er trinkt, ausgebrochen sei. Die Neigung, den Grund seiner subjectiven Fehler auf Andere zu übertragen, macht sich hier, wie in dem geistigen Leben, häufig geltend. Subjective Tastempfindungen.

Nerventhätigkeit.

---

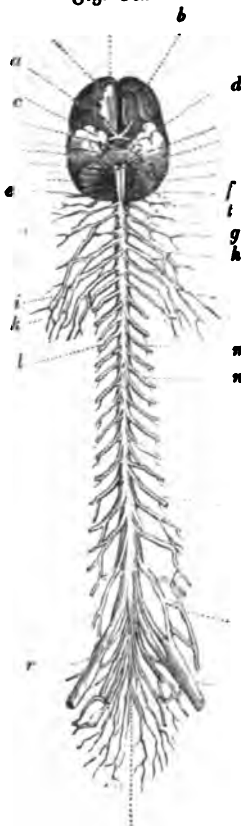
§. 1688. Das Nervensystem, dem die thierischen Wesen ihre wesentlichsten Vorzüge verdanken, bildet zunächst das unerläßliche Zwischenglied aller derjenigen Thätigkeiten, die man den geistigen Kräften zuzuschreiben pflegt. Es macht überdies die äußeren Empfindungen möglich, leitet die willkührlichen und den größten Theil der unwillkührlichen Verkürzungserscheinungen und wirkt auch auf alle übrigen Functionen mittelbar ein. Da nämlich eine größere oder geringere Menge von Bestandtheilen der meisten Organe ein gewisses Verkürzungsvermögen besitzt, so können die Nerven andere Einstellungsweisen auf diesem Wege herbeiführen. Die meisten Labilitätserscheinungen (§. 17.), welche die Vielseitigkeit der thierischen Apparate begründen helfen, gehen größtentheils oder ausschließlich aus dieser Art von Einflüssen hervor. Bestimmung des Nervensystems.

§. 1689. Man unterscheidet zunächst zwei Hauptbezirke des Nervensystems, ein centrales und ein pheripherisches. Jenes scheint auf den ersten Blick in den Wirbelthieren ganz anders, als in den wirbellosen Geschöpfen gebaut zu sein. Die mikroskopische Beobachtung lehrt aber, daß die Abweichung nicht so tief durchgreift, als die bloße Untersuchung mit freiem Auge andeutet. Centrales und peripherisches Nervensystem.

§. 1690. Fig. 362 (s. f. S.) giebt einen ungefähren Umriß des centralen und der Anfangsstücke des pheripherischen Nervensystems des menschlichen Körpers. Das Ganze ist von der vorderen oder unteren Seite aufgefaßt. Die Centraltheile bestehen aus dem Gehirn *abef* und dem Rückenmarke *st*. Beide entlassen eine Reihe von Nerven, die man Gehirn und Rückenmark der Wirbelthiere.

daher mit den Namen der Cerebrospinalnerven und zwar der Gehirn- oder der Rückenmarksnerven, je nach der Verschiedenheit ihres Ursprunges, bezeichnet. *cd* gehören z. B. zu der ersteren und *ghiklopr* zu der letzteren Gruppe von Nervensträngen, die sich dann später in die einzelnen Körpergebilde ausbreiten. Die sämmtlichen Wirbelthiere führen zu einem ähnlichen Gegensatz des Gehirns und des Rückenmarks auf der einen und der peripherischen Nervenmassen auf der anderen Seite.

Fig. 362.



Gangliensrang der wirbellos Thiere.

§. 1691. Das centrale Nervensystem der wirbellosen Wesen besteht aus keiner einfach fortlaufenden Gehirn- oder Rückenmarksmasse, sondern aus einer Reihe von Knoten, welche dünnere Nervenstränge gegenseitig vereinigen. Die hierbei zum Vorschein kommenden Formen wechseln in hohem Grade. Fig. 363 zeigt z. B. die Gestalten, welche die Insekten und in ähnlicher Weise auch die meisten Gliederthiere darzubieten pflegen. Da der größte Theil des knotigen Stranges an der unteren Seite des Geschöpfes dahingeht, so erklärt es sich von selbst, weshalb man ihn mit dem Namen des Bauchstranges zu belegen pflegt. Ein nervöser Ring, der Schlundring, umgiebt den Anfangstheil des Nahrungscanales. Die Knotenmasse, die über diesem, mithin in der oberen Körperhälfte des Thieres liegt, wird häufig als Hirnknoten oder Hirnganglion dargestellt.

Nervenfasern und Ganglienkugeln.

§. 1692. **Peripherisches Nervensystem.** Die Untersuchung des freien Auges erkennt hier zunächst zweierlei Hauptmassen, mehr oder minder cylindrische Nervenstämme und eigenthümliche Anschwellungen, Nervenknoten oder Ganglien, die mit den Fig. 363 abgebildeten Verdickungen im Wesentlichen übereinstimmen. Die Nervenprimitivfasern (Taf. V. Fig. LXVIII. bis LXX.) bilden die Elemente der Nervenstränge. Die Knoten dagegen enthalten außerdem eigenthümliche Gebilde, die Ganglienkugeln, die Nerven- oder die Ganglienkörper (Taf. V. Fig. LXXI. bis LXXIV.), die den zweiten Hauptbestandtheil der Gewebe des peripherischen Nervensystems ausmachen.

Fig. 363.



§. 1693. Jede Nervenfaser (Taf. V. Fig. LXVIII.) besteht aus einer dünnen Hülle oder Scheide, in der ein eigenthümlicher öligter Inhalt, das Nervenmark, eingeschlossen ist. Dieses erscheint im Leben völlig gleichförmig. Es gerinnt aber leicht nach dem Tode, vorzüglich wenn Wasser oder andere schädliche Flüssigkeiten hinzugetreten sind (Taf. V. Fig. LXIX.). Es kommt dabei bisweilen vor, daß sich der centrale Theil des Markes von dem peripherischen sondert. Jener gerinnt nicht selten streifig. Es erzeugt sich hierdurch ein eigenes Gebilde, das sogenannte Primitivband *b*, Fig. 364, das als ein langes Bruchstück an dem einen Ende einer zerrissenen Nervenfaser nicht selten hervorragt. Der Centraltheil zeichnet sich aber auch umgekehrt durch seine gleichartigere Beschaffenheit in anderen Fällen aus. Man hat ihn dann als Achsencylinder von dem ungleichartigeren Rindentheile des Markcylinders zu unterscheiden gesucht. Nervenmark.

Fig. 364.



§. 1694. Die mikroskopische Prüfung der meisten feineren und hinreichend durchsichtigen Nervenstämmchen führt zu der Ueberzeugung, daß die einzelnen Nervenfasern gesondert neben einander verlaufen, wie es Fig. 365 schematisch Gesonderter Verlauf der Nervenfasern.

Fig. 365.

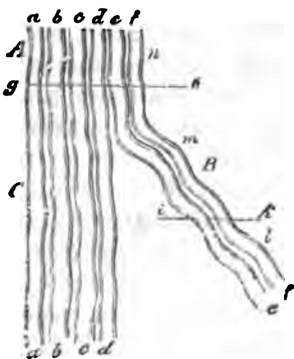
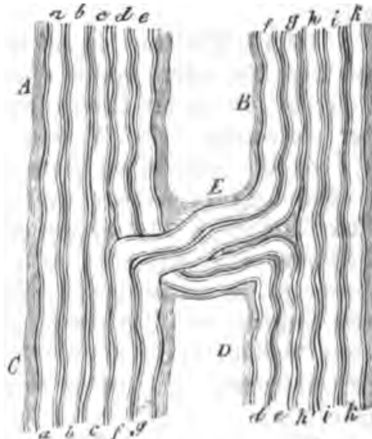


Fig. 366.



wiedergiebt. Spaltet sich ein Ast *A* in zwei untergeordnete Zweige *B* und *C*, so geschieht dieses dadurch, daß sich die Primitivfasern *a b c d e f*, die in *A* vereinigt waren, in zweierlei Gruppen trennen. Die Fortsetzung des Hauptstammes *A*, nämlich *C*, behält *a b c d*, während *e* und *f* nach *B* hinübergehen.

§. 1695. Die Anastomosen, welche viele Nervenstämme unter einander verbinden, fußen auf ähnlichen Verhältnissen. Haben sich z. B. *A* und *B*, Fig. 366, durch den Zwischenast *E* wechselseitig vereinigt, so gehen z. B. die Fasern *f* und *g* von *B* nach *C*, *d* und *e* hingegen von Anastomosen der Nerven.

A nach *D* über. Man sieht leicht, daß die mannigfachsten Verlaufsarten auf diesem Wege möglich werden. Führte *E* mehr Fasern von *B* nach *C*, als von *A* nach *D* über, so würde *C* unter sonst gleichen Verhältnissen stärker, als *A* ausfallen.

Nerven-geflechte. §. 1696. Die öftere Wiederholung der Anastomosen und die hierdurch bedingte netzförmige Vereinigung erzeugen die Nervengeflechte. Die Maschenräume können mit indifferenteren Geweben oder mit Ganglienkugeln ausgefüllt werden. Man unterscheidet daher einfache und gangliöse Geflechte. Die Nervenfasern tauschen sich aber hierbei in allen Fällen auf das Mannigfachste aus.

Norm des isolirten Verlaufes der Primitivfasern. §. 1697. Es ergiebt sich aus dem eben Dargestellten, daß die Verzweigungen und die Verbindungen der Nerven eine andere Bedeutung, als die der Gefäße besitzen. Die Röhren, in welchen die Lymphe oder das Blut strömt, spalten sich wahrhaft und gehen häufig genug wirklich zusammen. Die Nerven dagegen pflegen in dieser Hinsicht nur das freie Auge irre zu führen. Ihre Aeste und Anastomosen entstehen in der Regel aus einem Lagerungswechsel der feineren Elemente, der Primitivfasern, die erst das Vergrößerungsglas dem Blicke vorführt. Man sagt daher, daß diese dem Gesetze des gesonderten oder isolirten Verlaufes gehorchen, d. h. daß sie wie die umsponnenen Dräthe einer elektrischen Spirale (§. 220.) geschieden und nur neben einander dahingehen.

Theilung der Primitivfasern. §. 1698. Man hat bis auf die neuere Zeit angenommen, daß diese Norm keine Ausnahme irgend einer Art zuläßt. Spätere Beobachtungen führten aber zu der Ueberzeugung, daß wahre Theilungen hin- und wieder vorkommen. Taf. V. Fig. LXX. zeigt z. B. den gewöhnlichen Fall, daß die Faser *a* die untergeordneten Zweige *b* und *c* erzeugt. Eine Trennung in mehrere kleinere Aeste kommt seltener vor. Man hat die Theilungen eben so gut in den empfindenden Häuten, als in den Bewegungswerkzeugen, in willkührlichen wie in unwillkührlichen Körpertheilen, in größeren Nervenstämmen, wie in den letzten Endbezirken der Nervenverbreitung wahrgenommen. Sie scheinen allerdings kurz vor dem Schlusse des peripherischen Verlaufes der Nervengebilde häufiger vorzukommen. Sie fehlen aber auch den früheren Bezirken keineswegs gänzlich.

§. 1699. Wenn das Gesetz des vollkommen isolirten Faserverlaufes auf allgemeine Gültigkeit Anspruch machen könnte, so müßten nur eben so viel Nervenfasern, als die Wurzeln der Gehirn- und der Rückenmarksnerven enthalten, in dem gesammten peripherischen Nervensystem vorhanden seien. Die Anwesenheit der Theilungen vermehrt dagegen die Zahl der Primitivfasern. Diese Einrichtung vergrößert zunächst die Masse des Nervenmarkes. Sie führt aber auch zu manchen anderen physiologischen Folgerungen, auf die wir später zurückkommen werden.

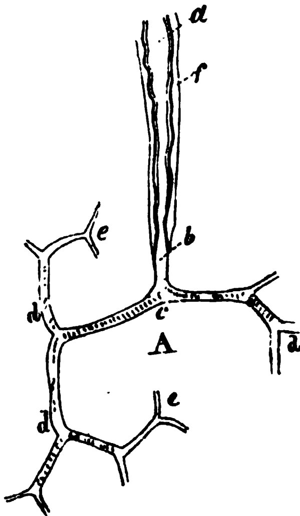
Endgeflechte der Nervenfasern. §. 1700. Die feineren, in dem Inneren der Organe dahingehenden Nervenverzweigungen bilden meistentheils Geflechte, die eben noch mit

freiem Auge oder erst unter schwachen Vergrößerungen erkannt werden. Man nennt sie die Endgeflechte oder die Endplexus des peripherischen Nervensystems. Man kann sich zunächst vorstellen, daß sie die einzelnen Primitivfasern inniger mischen sollen. Die physiologischen Verhältnisse deuten aber schon darauf hin, daß dieses nicht den ausschließlichen Zweck zu bilden vermag. Man findet in vielen Fällen, daß eine Primitivfaser, die zu einem anderen Geflechtaste hinübergeht, nach einiger Zeit zu seinem früheren Stämmchen zurückkehrt. Man darf schon hieraus schließen, daß noch zwei andere Absichten der Anwesenheit der Endgeflechte zum Grunde liegen. Sie verlängern den Weg, den die Primitivfasern vor ihrer peripherischen Endigung durchlaufen müssen. Es wird daher hierdurch die Masse des thätigen Nervenmarkes vergrößert. Sie erhöhen überdies die Zahl der wechselseitigen Berührungspunkte und der hierdurch möglich gemachten Nebenwirkungen der einzelnen Nervenfasern.

Graue Fasern am Ende des Nervenverlaufes.

§. 1701. Manche Nervenfasern scheinen ihren deutlich ausgesprochenen Markinhalt vor ihren peripherischen Enden aufzugeben. Die Plättchen der elektrischen Organe der Zitterrochen zeigen diese Eigenthümlichkeit und die Theilung der Markfasern deutlicher, als irgend ein anderes Körpergebilde. Der öligte Inhalt *af*, Fig. 367, schwindet nach *b* hin, während scheinbar marklose graugelbliche Spaltungszweige *cde* nachfolgen. Da sie verhältnißmäßig dicke Hüllen besitzen, so muß es vorläufig dahingestellt bleiben, ob und welchen Inhalt diese einschließen und wie der Uebergang in der Gegend von *b* Statt findet. R. Wagner und einzelne andere Forscher geben an, daß etwas Aehnliches in den Muskeln, den Blutgefäßdrüsen und vielen anderen thierischen Theilen wiederkehre.

Fig. 367.



Endigung der Nervenfasern.

§. 1702. Man hat sich vielfach gestritten, wie die Nervenfasern in den verschiedenen Körperorganen aufhören. Die Ansicht, daß sie mit den einzelnen fremdartigen Nachbargeweben verschmelzen, ist von fast allen Forschern mit Recht verlassen worden. Zweierlei Vorstellungen stehen aber noch gegenwärtig wechselseitig gegenüber. Die Einen nehmen an, daß die Nerven frei enden, sei es, daß sie Mark bis zuletzt enthalten oder in die §. 1701 erwähnten scheinbar marklosen Fasern übergegangen sind. Die Anderen dagegen lassen sie mit Endumbiegungsschlingen schließen, d. h. je zwei Fasern treten hiernach bogenförmig zusammen, wie es Fig. 368 (s. f. S.) anzudeuten sucht.

zugeführt, so kommt hier eine zweite Uebertragung, von welcher der Enderfolg abhängt, als Gegenstück zum Vorschein.

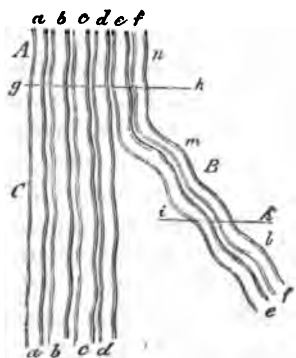
Reizung im Verlaufe des Nerven.

§. 1709. Es ist nicht nöthig, daß die ursprüngliche Erregung von denjenigen Geweben, welche die peripherischen Enden der centripetalen oder die centralen der centrifugalen Nervenfasern umgeben, ausgeht. Reizt man einen Bewegungsnerven in der Mitte seines Verlaufes, so ziehen sich die entsprechenden Muskelmassen ebenfalls zusammen. Wiederholt man den gleichen Versuch in einem sensuellen oder einem sensiblen Stamme, so erhält man Sinnes- oder Schmerzenseindrücke.

Bedingung der Fortpflanzung der Nervenreize.

§. 1710. Die Molecularveränderung des Nervenmarkes, welche der Thätigkeit der Primitivfasern zum Grunde liegt, kann sich nur dann fortpflanzen, wenn die Atome ihre natürliche Anlagerung und ihre regelrechte Beschaffenheit darbieten. Dieser Satz, den wir schon in der Bewegungslehre für die dort betrachteten Erscheinungen zu Hilfe ziehen mußten (§. 1237.), erklärt es, weshalb die Durchschneidung, die chemische oder die elektrolytische Veränderung des Nervenmarkes und tiefe Ernährungsstörungen desselben zu Lähmungen führen. Es ergiebt sich zugleich, daß gewisse entgegengesetzte Verhältnisse je nach Verschiedenheit der centripetalen oder der centrifugalen Nervenstämme zum Vorschein kommen müssen. Denken wir uns, *ef*, Fig. 371, seien zwei sensuelle oder sensible Fasern, deren peripherisches Ende unten liegt, so wird eine Verletzung, welche in der Höhe *ik* vorgenommen worden, *l* gänzlich lähmen, während *m*, das noch mit dem Hirn verbunden ist, subjective Sinnesauffassungen (§. 1433.) oder Schmerzen vermitteln kann. Wären hingegen *e* und *f* motorischer Natur, so würde *l* Muskelverkürzungen erzeugen, *m* dagegen wirkungslos bleiben. Die Erregungsfähigkeit erhält sich mithin in dem centralen Abschnitte der centripetalen und in dem peripherischen der centrifugalen Nervenfasern.

Fig. 371.



Ausdehnung der Folgen der Nervenverletzung.

§. 1711. Man sieht zugleich, daß der Ort der Verletzung über die Ausdehnung der nachfolgenden Lähmungserscheinungen entscheiden muß. Liegt der Schnitt in *ik*, Fig. 371, so werden nur *e* und *f* unthätig gemacht. Rückt er sich dagegen nach *gh* hinauf, so dehnt sich die Störung auf *abcdef* aus. Die Geflechte können natürlich die verwickeltsten Verhältnisse in dieser Beziehung herbeiführen.

Physiologische Bestimmung des Nervenverlaufes.

§. 1712. Die Mischung der einzelnen Primitivfasern, welche die wechselseitigen Anastomosen einleiten (§. 1695.), läßt sich weder mit dem freien noch mit dem bewaffneten Auge in größeren Strecken genügend entwirren. Die anatomische Untersuchung ist daher meistentheils nicht im Stande, den Verlauf einer Nervenfaser oder selbst größerer Nervenbündel und Nervenwurzeln im Einzelnen mit Sicherheit anzugeben.

Physiologische Versuche liefern hier bisweilen genügendere Aufschlüsse. Läßt man nämlich alle später zu erwähnenden störenden Nebenverhältnisse unberücksichtigt, so führt immer die Erregung eines bestimmten Nervenstammes zur Verkürzung eines entsprechenden Muskelbezirkes, in dem die Fasern von jenem ihr Ende erreichen. Etwas Aehnliches wiederholt sich für die Tasteindrücke einer gegebenen Hautoberfläche. Weiß man, nach welchen Nervenverletzungen die Empfänglichkeit derselben verloren geht, so kann man auf die Endverbreitung der entsprechenden Empfindungsnerven mit Recht zurückschließen.

§. 1713. Fig. 372 zeigt z. B. das von hinten bloßgelegte Hüftgeflecht des Frosches, das vier Hauptstämme enthält. *a* ist der Leistennerv oder der siebente Rückenmarksnerv, *b* der Schenkelnerv oder der achte, *c* der Hüftnerv oder der neunte und *d* der Schaamnerv oder der zehnte Rückenmarksnerv. Alle vier verbinden sich später zu einem Hauptstamme, der das entsprechende Hinterbein und die Nachbargebilde desselben versorgt.

Fig. 372.



§. 1714. Spricht man den Leistennerven *a*, Fig. 372, in einem frisch getödteten Frosche an, so zuckt ein großer Theil der Oberschenkelmuskeln. Es gehört zu den Ausnahmen, daß sich einzelne Muskeln des Unterschenkels oder der Zehen gleichzeitig verkürzen. Die Erregungen des Schenkelnerven *b* und die des Hüftnerven *c* werden von den Ober-, den Unterschenkel- und den Zehenmuskeln erwiedert. Der Schaamnerv *d* wirkt oft nur auf die Muskelmassen des Afters und des Schwanzbeines. Er kann aber auch seine Einflüsse auf einzelne Verkürzungsgebilde des Hinterbeines bis zu den Zehen hinab ausdehnen.

§. 1715. Stellt man die Versuche an einer Reihe von Fröschen an, so findet man, daß die Einzelergebnisse nicht selten unter einander abweichen. Kommen auch ziemlich beständige Hauptbezirke heraus, so zeigt sich doch, daß Muskeln, die dem einen Nervenstamme in dem ersten Frosche gehorchten, von einem anderen in einem zweiten Thiere erregt

werden. Man findet überdies häufig genug, daß der gleiche Muskel von mehreren Nervenstämmen aus bestimmt zu werden vermag. Der dreiköpfige Oberschenkelmuskel wird sogar bisweilen von allen vier Stämmen des Hüftgeflechtes angeregt.

§. 1716. Diese eigenthümliche Erscheinung kann von verschiedenartigen Ursachen herrühren. Es ereignet sich nicht selten, daß Primitivfasern zweier oder mehrerer Nervenstämme in die gleiche Muskelmasse eintreten. Man hat daher ein der Wahrheit entsprechendes Ergebniß unter diesen Verhältnissen. Es kann aber auch vorkommen, daß Täuschungen irre leiten. Wir werden nämlich später sehen, daß es keineswegs undenkbar ist, daß sich die Erregung einer Faser auf eine benachbarte, vorzüglich in dem Bezirke der Endgeflechte überträgt. Bedient man sich der elektrischen Reize, die man mittelst des Magnetelektromotors (§. 248.) oder der Rotationsmaschine (§. 252.) zu Stande bringt, so droht diese Gefahr in hohem Grade. Alle Angaben, die sich dann zu sehr in Einzelheiten vertiefen, lassen deshalb gerechte Zweifel immer übrig.

§. 1717. Wir werden in der Betrachtung des centralen Nervensystems kennen lernen, daß die Muskelbewegungen nicht bloß von den motorischen, sondern auch von den Empfindungsfasern aus, wenigstens mittelbar erzeugt werden. Reizt man nämlich eine beliebige Hautstelle, so pflanzt sich die Veränderung längs der sensiblen Faser bis zu dem Rückenmarke oder dem Gehirne fort. Der Anstoß trägt sich hier auf gewisse Bewegungsfasern unter günstigen Nebenverhältnissen über. Die entsprechenden Muskeln verkürzen sich daher eben so gut, als wenn sie unter dem Einflusse des Willens in Thätigkeit versetzt würden. Zusammenziehungen, welche auf diesem mittelbaren Wege zum Vorschein kommen, heißen Reflexbewegungen. Sie sind nur dann möglich, wenn die mitwirkenden sensiblen und motorischen Nervenfasern, so wie die ihnen angehörenden Centraltheile des Nervensystems ihre Kräfte unversehrt behalten haben. Da aber die Trennung der Empfindungsnerven diese Grundbedingung aufhebt, so hat man hierin ein Hilfsmittel, die Endverbreitung derselben in dem frisch getödteten und noch zu Reflexbewegungen geneigten Thiere bestimmen zu können. Man braucht z. B. nur die einzelnen Stämme des Hüftgeflechtes oder deren empfindende Nervenwurzeln (§. 1720.) zu trennen und nachzusehen, welche Hautstellen ihre Erregbarkeit für Reflexbewegungen verloren haben. Eckhard [45]) fand z. B. auf diese Weise, daß sich die empfindenden Fasern des siebenten Rückenmarksnerven (*a*, Fig. 372.) vorzüglich am Oberschenkel, die des achten (*b*) in einzelne Hautstellen des ganzen Hinterbeines, des neunten (*c*) vor Allem in dem Unterschenkel und dem Fuße, und des zehnten (*d*) in der Umgebung des Afters verbreiten. Die Empfindungs- und die Bewegungsfasern, welche der gleiche Nervenstamm einschließt, verlaufen übrigens nicht immer zu denjenigen Haut- und Muskelmassen, die in demselben Körperbezirke vorkommen.

§. 1718. Die physiologische Topographie des peripherischen Nervensystems bildet eine der Hauptaufgaben des uns hier beschäftigenden Theiles der Lebenslehre. Sie soll nämlich feststellen, welche Thätigkeiten den Wurzeln und den Stämmen der verschiedenen Nerven zukommen, ob diese rein oder gemischt sind, d. h. ob sie nur einerlei Art von Fasern, nur sensuelle, sensible oder motorische oder mehrere Gattungen derselben zugleich enthalten. Die bloße anatomische Betrachtung kann in dieser Beziehung Nichts entscheiden, weil einzelne Empfindungsfasern die Muskeln nicht selten durchsetzen und die Tastwerkzeuge Verkürzungsgewebe, zu denen sich motorische Fasern wahrscheinlich begeben, häufig genug einschließen (§. 1235.). Man muß daher physiologische Versuche zu diesen Bestimmungen zu Hilfe ziehen. Reine und gemischte Nerven.

§. 1719. Das Rückenmark des Menschen (*st*, Fig. 362, S. 532.) entläßt eine Reihe paariger Nervenstränge, die sogenannten Wurzeln der Rückenmarksnerven. Fig. 373 zeigt uns ein Stück des Rückenmarkes *a a* in natürlicher Größe. *b* bezeichnet die äußere Hülle oder die harte Rückenmarkshaut, die von hinten her aufgeschnitten und ausgebreitet worden. *c* ist das gezahnte Band, welches von einer Falte der Spinnwebenhaut oder der mittleren Hülle des Rückenmarkes überzogen wird. Die weiche Rückenmarkshaut oder die innerste Scheide endlich geht über die Markmasse des Rückenmarkes *a a d d* unmittelbar hin. Man sieht links die hinteren Rückenmarkswurzeln *d* unversehrt. Sie sind dagegen rechts durchschnitten dargestellt. Während ihr centraler Abschnitt *d* noch an dem Rückenmarke haftet, bildet *e* ihren peripherischen Theil. Dieser schwillt später zu einem beträchtlichen Knoten, dem hinteren Rückenmarksganglion *h*, an. Die vordere Wurzel *f*, Fig. 373, vereinigt sich zuletzt mit der hinteren, um den Stamm des Rückenmarksnerven zu bilden. Hat dieser sein Zwischenwirbelloch verlassen, so spaltet er sich meist zunächst in einen vorderen und einen hinteren Ast *i i*, die für die beiden entsprechenden Körperseiten bestimmt sind. Die Stämme verzweigen sich hierauf unter Rückenmarkswurzeln.

Fig. 373.



mannigfachen Anastomosenbildungen, bis sie endlich ihr peripherisches Ende in den einzelnen Organen, vorzüglich des Rumpfes und der Glieder, erreichen.

Bell'scher Lehrsatz.

§. 1720. Charles Bell hat zuerst nachgewiesen, daß die hinteren Wurzeln aller Rückenmarksnerven nur Empfindungs-, die vorderen dagegen nur Bewegungsnerven enthalten, vorausgesetzt, daß man die tastenden Hautflächen und die willkührlichen Muskeln des Rumpfes und der Gliedmaaßen ausschließlich im Auge behält. Man kann sich hiervon am Frosche am Leichtesten überzeugen. Hat man das centrale Nervensystem dieses Thieres von hinten her bloßgelegt und die hinteren Wurzeln der vier letzten Rückenmarksnerven (16, 17, 18, 19, Fig. 374.), die in das Hüftgeflecht (§. 1713.) treten und das entsprechende Hinterbein versorgen, an einer Seite durchschnitten, so hat das Glied alle Tast- und Schmerzensempfänglichkeit eingebüßt. Man kann den Fuß zu Kohle verbrennen, ohne daß der Frosch das Geringste merkt. Er bewegt aber dessenungeachtet noch den Stumpf nach seinem Willensbefehle. Sind umgekehrt die vorderen Wurzeln in demselben Geschöpfe an der anderen Seite getrennt worden, so macht sich der Willenseinfluß auf dieses Hinterbein nicht mehr geltend. Tasteindrücke, welche die Haut desselben treffen, werden aber immer noch deutlich wahrgenommen.

Fig. 374.



Diese Thatsache, die man auch mit dem Namen des Bell'schen Lehrsatzes oder des Bell'schen Gesetzes zu bezeichnen pflegt, weist deutlich nach, daß die Natur die verschiedenen Primitivfasern des Rückenmarkes in symmetrischer Anordnung hervortreten läßt. Die hinteren enthalten Anhäufungen rein sensibler Gewebe, während ihnen die musculomotorischen abgehen. Die vorderen dagegen führen zu den entgegengesetzten Erscheinungen.

§. 1721. Der Stamm der Rückenmarksnerven, der aus der Verschmelzung der beiden Wurzeln entsteht, gehört natürlich zu den gemischten Nerven. Die ferneren Verzweigungen desselben verhalten sich in der Regel in ähnlicher Weise. Es frägt sich sogar, ob eine vollkommenere Scheidung der Empfindungs- und der Bewegungsfasern in den Endgeflechten zu Stande kommt (§. 1718.).

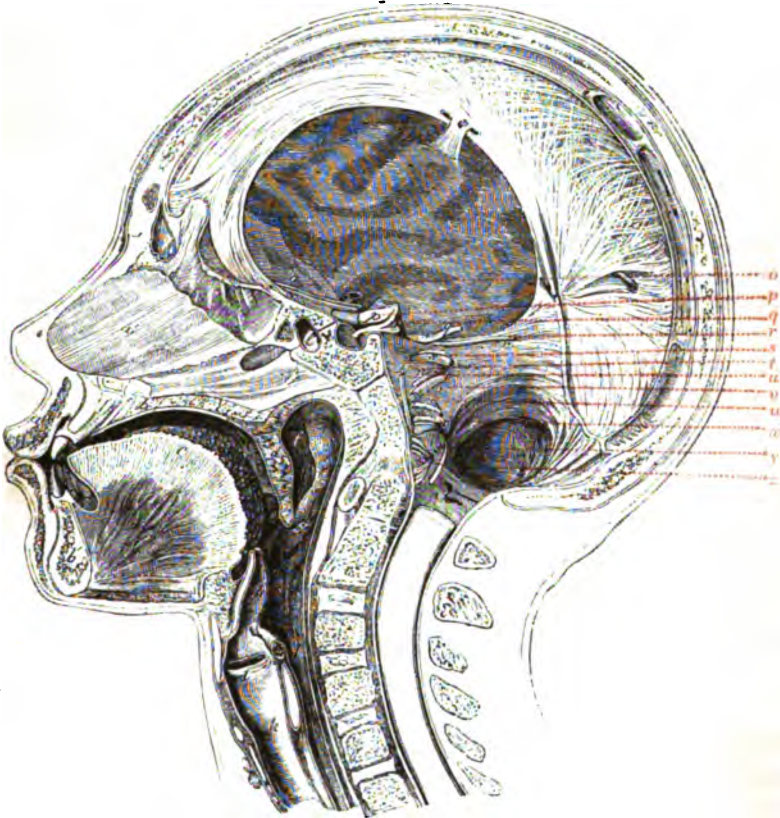
Hirnnerven.

§. 1722. Diejenigen Theile des centralen Nervensystemes, die von der Schädelhöhle eingeschlossen werden, entlassen zwölf paarige Nervenstämme. Man pflegt sie mit dem Namen der zwölf Hirnnerven zu bezeichnen. Der größere Theil derselben geht aber nicht aus dem eigentlichen Gehirn, sondern aus der Verbindung desselben mit dem Rückenmarke oder dem verlängerten Marke hervor. Das große Gehirn entläßt streng genommen nur die Geruchsnerven (§. 1609.) und zum Theil die Sehnerven, während die gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven schon aus

den Großhirnschenkeln, die übrigen Hirnnerven dagegen aus der Varolsbrücke und dem verlängerten Marke unmittelbar hervortreten.

§. 1723. Fig. 375 zeigt die zwölf Hirnnerven der rechten Seite,

Fig. 375.



wie sie den Schädel verlassen. Die Hirnmasse selbst ist entfernt worden, damit man die Nerven und die Schädelgebilde deutlicher sehen könne.

Wir haben 1. den Riechnerven oder den Geruchsnerven (N. olfactorius), *o*, Fig. 375, 2. den Sehnerven oder den Gesichtsnerven (N. opticus), *p*, 3. den gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven (N. oculomotorius), *q*, 4. den Rollmuskelnerven (N. patheticus s. trochlearis), *r*, 5. den dreigetheilten Nerven (N. trigeminus), *s*, 6. den äußeren Augenmuskelnerven (N. abducens), *t*, 7. den Antlitznerven (N. facialis), *u*, 8. den Gehörnerven (N. acusticus), *v*, 9. den Zungenschlundkopfnerven (N. glossopharyngeus), *w*, 10. den herumschweifenden oder den Lungenmagennerven (N. vagus s. pneumogastricus), *x*, 11. den Beinerven oder den rückläufenden Nerven des Willis (N. accessorius s. recurrens Willisii), *y*, und endlich 12. den Unterzungennerven oder den Zungenfleischnerven (N. hypoglossus), *z*.

Riechnerv. §. 1724. Der Geruchsnerv (*o*, Fig. 375.), dessen Zweige sich in der Nasenschleimhaut verbreiten (*p*, Fig. 359, S. 514.) vermittelt die Geruchseindrücke. Die Erregungen desselben können subjective Riechempfindungen herbeiführen (§. 1629.). Sie führen aber weder zu Schmerzen, noch unmittelbar zu Muskelverkürzungen.

Sehnerv. §. 1725. Der Sehnerv (*p*, Fig. 375.), dessen Fasern in die Netzhaut ausstrahlen, liefert ebenfalls nur Gesichtseindrücke, nicht aber ohne Weiteres sensible oder motorische Rückwirkungen. Die Ursache, weshalb sich beide Sehnerven zu dem Chiasma (Fig. 289, S. 455.) verbinden, ist noch nicht ermittelt worden.

Gemeinschaftlicher Augenmuskelnerv. §. 1726. Der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv (*q*, Fig. 375.) enthält eine große Menge von Bewegungsfasern, die sich zu dem größeren Theile der in der Augenhöhle befindlichen Muskelmassen der Regenbogenhaut (*b*, Fig. 171, S. 288.) und wahrscheinlich noch zu anderen inneren Gebilden des Auges begeben. Er beherrscht zunächst den Aufheber des oberen Augenlides (*g*, Fig. 290, S. 456.), den oberen (*s*, Fig. 289.), den inneren (*e*, Fig. 290, S. 456.), den unteren geraden und den unteren schiefen Augenmuskel (*m*, Fig. 289.), und liefert die kurze Wurzel des Augenknotens, aus welchem die Ciliarnerven entspringen. Diese begeben sich unter Anderem zur Iris, deren mittlere Oeffnung die Pupille (*c*, Fig. 171, S. 288.) bildet. Der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv kann auf diese Weise die Bewegungen, von denen die Vergrößerung oder die Verkleinerung des Sehloches abhängt, leiten helfen. Es kommt auch ausnahmsweise vor, daß die beiden übrigen Muskeln der Augenhöhle, nämlich der äußere gerade (*e*, Fig. 289.) und der obere schiefe (*o*, Fig. 289.), Zweige dieses Hirnnerven außer anderen Nervenfasern aufnehmen.

§. 1727. Man kann sich an frisch getödteten Thieren mit Leichtigkeit überzeugen, daß die Gesammtsumme der Bewegungswerkzeuge, die von dem gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven versorgt werden, durch die passende Erregung desselben zur Verkürzung gezwungen wird. Man hat dagegen vielfach gestritten, ob dieser Nervenstamm rein motorisch oder gemischt (§. 1718.) ist. Manche Forscher bemerkten Schmerzensäußerungen, wenn sie den an seinem Hirnursprunge (§. 1722.) bloßgelegten Nerven reizten, Andere dagegen nicht. Die beträchtlichen Verletzungen, die nothwendiger Weise vorangingen, können jedes negative Resultat mit Recht in Zweifel stellen.

Rollmuskelnerv. §. 1728. Der Rollmuskelnerv (*r*, Fig. 375.) begiebt sich zu dem oberen schiefen Augenmuskel (*s*, Fig. 289, S. 455.). Sein Bewegungseinfluß läßt sich in der Leiche häufig nachweisen.

Dreigetheilter Nerv. §. 1729. Der dreigetheilte Nerv (*s*, Fig. 375.) entspringt mit zwei Wurzelmassen, einer größeren (*v*, Fig. 359, S. 514.) und einer kleineren (*w*, Fig. 359.). Der größte Theil der Primitivfasern von jener schwillt später zu dem Gasser'schen Knoten (*x*, Fig. 359.) an. Der

ganze Nerv zerfällt dann in drei Hauptzweige, den Augen-, den Oberkiefer- und den Unterkieferast.

§. 1730. Man hat häufig die beiden Wurzelabtheilungen des dreigetheilten Nerven mit der doppelten Wurzel eines Rückenmarksnerven (§. 1720.) physiologisch verglichen. Die größere (*v*, Fig. 359.) würde hiernach einer hinteren und die kleinere (*w*, Fig. 359.) einer vorderen Rückenmarkswurzel entsprechen. Jene enthielte nur Empfindungs- und diese bloß Bewegungsfasern.

§. 1731. Die Ergebnisse, welche frisch getödtete Thiere liefern, scheinen diese Auffassungsweise insofern zu stützen, als die Reizung der größeren Wurzel keine Bewegungen in rothen Muskeln, die von Zweigen derselben durchsetzt werden, anregt. Die Ansprache der kleineren dagegen führt zu lebhaften Zusammenziehungen der später zu erwähnenden Kaumuskeln (§. 366.). Man darf jedoch nicht übersehen, daß manche unwillkührlich bewegliche und mit einfachen Muskelfasern (§. 1231.) versehene Gebilde, wie z. B. die Gänge der Thränendrüse (§. 890.), von Zweigen des Augenastes, d. h. scheinbar von solchen der größeren Wurzelabtheilung versorgt werden. Es ist anderseits bis jetzt nicht gelungen, in lebenden Geschöpfen mit unzweifelhafter Sicherheit nachzuweisen, daß die kleine Wurzelabtheilung gar keine Empfindungsfasern ursprünglich enthält.

§. 1732. Die höheren Sinne und die Haut des Antlitzes verdanken einen großen Theil ihrer Tastempfänglichkeit dem dreigetheilten Nerven. Der Augenast (*y*, Fig. 359, S. 514.) versorgt die Thränendrüse, die Innentheile des Augapfels, die Bindehaut (*d*, Fig. 171, S. 288.), einen großen Theil der Schleimhaut der Nasenhöhle (Fig. 359, S. 514.) und der Nebenhöhlen derselben, die Hautgebilde der Stirn, des vorderen Theiles des Scheitels, des oberen Augenlides und eines großen Bezirkes der Gesammtoberfläche der äußeren Nase. Der Oberkieferast (*z*, Fig. 359, S. 514.) versieht die übrigen Abschnitte der Schleimhaut der Nase und der Nebenhöhlen derselben, bedeutende Strecken der Schleimhäute der Eustachischen Trompete, des oberen Bezirkes des Schlundes (*f*, Fig. 359.), des weichen Gaumens (*u*, Fig. 359.) und der ihm benachbarten Gebilde, der Haut des harten Gaumens (*h*, Fig. 359.), der Innenmassen des Oberkiefers, des Zahnfleisches und der Zähne der oberen Kinnlade, der Haut des unteren Augenlides, eines großen Theiles der Mitte und der Unterhälfte der Nase, die Oberfläche der Wange bis zur Schläfe hin und der Oberlippe. Der Unterkieferast (*a'*, Fig. 359, S. 514.) begiebt sich zur Haut der Schläfe, eines Theiles des äußeren Ohres, der unteren Gesichtsgegend und der Unterlippe, der Oberfläche des Bodens der Mundhöhle, dem Zahnfleisch und den Zähnen des Unterkiefers und dem größten Theil der Zungenoberfläche. Die Fasern, die zu allen eben genannten Organen des Kopfes verlaufen, können Tastempfindungen möglich machen. Die bewegenden Fasern des dritten Astes des dreigetheilten Nerven dagegen beherrschen die wesentlichsten Kaumuskeln (Temporalis, Masseter

und Pterygoidei) nebst einzelnen anderen Muskelgebilden des Zungenbeines (Mylohyoideus, vorderer Bauch des Digastricus maxillae inferioris) und der Trommelhöhle (Tensor tympani [§. 1585.]).

§. 1733. Jede Seitenhälfte des Kopfes empfängt ihre entsprechenden Zweige von dem dreigetheilten Nerven der gleichen Seite. Die Aeste des rechten gehen nicht nach links und die der linken nicht nach rechts hinüber. Die Lähmung des rechten dreigetheilten Nerven trifft daher auch nur die entsprechenden Organe der rechten Hälfte. Die Scheidung greift dabei so sehr durch, daß z. B. nur die rechte Hälfte der Ober- oder der Unterlippe ihre Empfänglichkeit in diesem Falle zu verlieren pflegt. Diese Thatsachen lehren mithin, daß keine massenweisen Faserübergänge von einer Seite zur anderen Statt finden.

Aeußerer Augenmuskelnerv. §. 1734. Der äußere Augenmuskelnerv (*t*, Fig. 375, S. 543.) enthält die Bewegungsfasern des äußeren Augenmuskels (Fig. 289, S. 455.). Er kann auch Zweige dem Augenknoten (§. 1726.) oder den übrigen Augenmuskeln ausnahmsweise mittheilen.

Antlitznerv. §. 1735. Wie der dreigetheilte Nerv den vorzüglichsten Empfindungsnerven der Gesichtshaut abgiebt (§. 1732.), so leitet vor Allem der Antlitznerv (*u*, Fig. 375, S. 543.) die mimischen Bewegungen des Angesichts. Er beherrscht die Muskelmassen des Antlitzes, des äußeren Ohres, zum Theil der Trommelhöhle (Stapedius,. und einzelne am Halse gelegene Verkürzungsgebilde (Stylohyoideus, hinterer Bauch des Digastricus maxillae inferioris, Platysmamyoides). Fäden desselben treten auch zu den Muskeln des weichen Gaumens hinüber. Die Reizung der Wurzeln des Antlitznerven kann alle diese Theile in dem frisch getödteten Thiere zur Verkürzung zwingen. Es ist bis jetzt mit Sicherheit noch nicht nachgewiesen worden, daß die Wurzeln des Antlitznerven Empfindungsfasern einschließen. Er nimmt dagegen zahlreiche sensible Elemente während seines späteren Verlaufes auf. Der unter dem Ohre hervortretende Hauptstamm desselben gehört deshalb zu den gemischten Nerven. Er führt aber dessenungeachtet immer noch eine vorherrschende Menge von Bewegungsfasern.

§. 1736. Der rechte Antlitznerv verbreitet sich wiederum nur in der rechten und der linke in der linken Kopfhälfte. Es kommt im Menschen häufig vor, daß der eine der beiden Antlitznerven dauernd oder vorübergehend gelähmt wird. Man bemerkt dann zunächst, daß die entsprechenden Gesichtsmuskeln ihre Thätigkeit verloren haben. Aller physiognomische Ausdruck und jedes Mienenspiel sind an dieser Seitenhälfte zu Grunde gegangen. Die noch thätigen Verkürzungsmassen der anderen Seitenhälfte bleiben überdies hierbei nicht passiv. Die Gesichtsmuskeln der rechten Kopfhälfte bilden nämlich die Gegenfüßler (§. 1309.) der linken. Beide halten sich gewissermaaßen im Schach unter regelrechten Verhältnissen. Alle Theile stehen daher dann seitlich symmetrisch. Die Mittellinie bildet gleichsam die Gerade oder den graphischen Ausdruck der Null, der aus den gleichen positiven und negativen Werthen hervor-

geht. Hat hingegen der rechte Antlitznerv seine Einflüsse eingebüßt, so fällt auch eine wesentliche Kraft, die der elastischen oder der lebendigen Zusammenziehung der linken Gesichtsmuskeln sonst entgegenstand, von selbst hinweg. Die Mundspalte wird daher häufig genug nach links, d. h. nach der gesunden Seite hingezogen.

§. 1737. Der Hörnerv (*v*, Fig. 375, S. 543.) leitet die Gehöreindrücke. Schmerz empfindende Fasern können in ihm eben so wenig, als in dem Geruchs- oder dem Gesichtsnerven (§. 1724.) nachgewiesen werden. Hörnerv.

§. 1738. Die Thätigkeiten des Zungenschlundkopfnerven (*w*, Fig. 375.) sind auf das Verschiedenartigste gedeutet worden. Die Lage der Ursprungs- und der Endtheile desselben, und die zweifelhaften Zeichen, mit denen die Thiere ihre Empfindungen auszudrücken pflegen, führen vor Allem zu manchen unbestimmteren Erscheinungen, deren Deutung dem subjectiven Ermessen anheimgestellt bleibt. Zungenschlundkopfnerv.

§. 1739. Prüft man den Zungenschlundkopfnerven des Hundes oder anderer Haussäugethiere unmittelbar nach dem Austritte aus der Schädelhöhle, so erhält man nicht selten sichere Schmerzenszeichen. Man hat hieraus auf die ursprüngliche Anwesenheit sensibler Fasern zurückschließen wollen. Da aber der Nervenstamm zu sehr empfindlichen Stellen des verlängerten Markes heraustritt, so kann eine Wirkung von diesem mit der des Zungenfleischnerven mit Leichtigkeit verwechselt werden. Man darf aber jedenfalls behaupten, daß der Zungenschlundkopfnerv zu den vorherrschend empfindlichen Stämmen nicht gehört.

§. 1740. Hatte Volkmann die kleinere dünnere Wurzel dieses neunten Hirnnerven in frisch getödteten Kälbern oder Katzen angesprochen, so erhielt er Zuckungen in einzelnen Schlundmuskeln (Stylopharyngeus Constrictor faucium medius). Dieser motorische Einfluß läßt sich jedoch mit dem des herumschweifenden und des Beinerven nicht vergleichen. Es kommt oft genug vor, daß der Lungenmagennerv und der Beinerv die lebhaftesten Verkürzungen zu Stande bringen, wenn alle Reize für den Zungenschlundkopfnerven längst versagen. Es ist daher manchen Forschern nicht gelungen, den Bewegungseinfluß des neunten Hirnnerven mit Sicherheit wahrzunehmen.

§. 1741. Die eben dargestellten Thatsachen können schon deutlich nachweisen, daß der größte Theil des Zungenschlundkopfnerven weder sensible noch bewegende Elemente einschließt. Es läßt sich dagegen auf dem Versuchswege darthun, daß er sensuelle Eigenschaften besitzt und die wahren Geschmacksempfindungen vermitteln soll. Die Ausdehnungsgröße dieser Thätigkeitsrichtung bildet den Hauptpunkt der Streitigkeiten, die noch gegenwärtig fortgeführt werden.

§. 1742. Faßt man die Zunge als den vorzüglichsten Repräsentanten der Geschmackswerkzeuge auf (§. 1633.), so findet man, daß vor Allem drei Hirnnerven, der dreigetheilte (*s*, Fig. 375.), der Zungenschlundkopf- (*w*, Fig. 375.) und der Zungenfleischnerv (*z*, Fig. 375.) Zungennerven.

zahlreiche Zweige nach jenem Organe aussenden. Alle Beobachtungen stimmen darin überein, daß die vielseitigen Bewegungen der Zunge von dem Zungenfleischnerven (*f*, Fig. 360, S. 520.) abhängen und der Zungenschlundkopfnerv (*e*, Fig. 360.) die wesentlichsten Geschmacksempfindungen vermittelt. Manche sehen aber in ihm den einzigen Geschmacksnerven, während der dreigetheilte Nerv nur die Tast- und die Schmerzenseindrücke möglich macht. Andere dagegen schreiben auch diesem letzteren Nervenstamme die Fähigkeit zu, wahre Geschmackseindrücke erkennen zu lassen.

§. 1743. Die fortgesetzten Untersuchungen, die man an lebenden Säugethieren angestellt hat, sprechen immer entschiedener dafür, daß der Zungenschlundkopfnerv nur den sensuellen und der dreigetheilte Stamm den sensiblen Nerven der Zunge und der meisten übrigen Geschmackswerkzeuge darstellt. Einzelne am Menschen beobachtete Fälle von Lähmung des dreigetheilten Nerven können in dem gleichen Sinne gedeutet werden. Man darf übrigens hierbei nicht vergessen, daß manche Eindrücke, die wir für Geschmackswahrnehmungen im gewöhnlichen Leben halten, zu den Tasteindrücken bei genauerer Betrachtung gerechnet werden müssen (§. 1630.).

Herumschweifender Nerv.

§. 1744. Der herumschweifende Nerv (*x*, Fig. 375, S. 543.) schwillt kurz nach seinem Ursprunge zu einem Knoten an, in dem sich eine zahlreiche Menge von Fasern des Beinerven (*y*, Fig. 375.) an die des Lungenmagennerven anlegt, um in den Aesten desselben weiter zu verlaufen. Die meisten Zweige des Vagus bilden daher Mischungen von Elementartheilen des zehnten und des elften Hirnnerven.

§. 1745. Man hat die Wurzeln dieser beiden Nerven mit der größeren und kleineren Abtheilung des dreigetheilten Nerven (§. 1730.) oder mit den zwei Wurzeln eines Rückenmarksnerven zusammenzustellen gesucht. Der herumschweifende Nerv sollte zu den rein sensiblen und der Beinerv zu den ausschließlichen Bewegungsnerven gehören. Spätere Erfahrungen lehrten aber, daß die Erregung der von dem verlängerten Marke losgeschnittenen Wurzelfäden des herumschweifenden Nerven Verkürzungen in manchen rothen Muskeln frisch getödteter Säugethiere bedingen kann. Einzelne Forscher wollen auch wahrgenommen haben, daß die vorzüglichsten obersten Wurzelbündel des Beinerven Schmerzen erzeugen. Da nun die Empfindlichkeit des Lungenmagennerven und die Bewegungsfähigkeit des Beinerven nach Erfahrungen, die man an dem lebenden Thiere machte, unzweifelhaft festgestellt worden, so scheint hieraus zu folgen, daß beide Nervenstämme gemischte Eigenschaften besitzen müssen. Wir werden jedoch einzelne Erfahrungen, welche diesem Schlusse möglicher Weise entgegenstehen, später kennen lernen.

§. 1746. Ein Kaninchen, dessen Vaguswurzeln angegriffen werden, schreit vor Schmerz laut auf. Drückt man jene Nervenstränge in einem eben getödteten Hunde zusammen, so erhält man häufig genug lebhafte Verkürzungen in dem weichen Gaumen, der Speiseröhre und dem Ma-

gen. Es läßt sich ferner nachweisen, daß die Anfänge des Lungenmagennerven einen wesentlichen Einfluß auf die Thätigkeiten des Herzens ausüben. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die kleineren Kehlkopfmuskeln von den Stämmen, die aus der Vereinigung des herumschweifenden und des Beinerven hervorgehen (§. 1744.), beherrscht werden. Manche Forscher geben an, daß die Wurzeln des zehnten, und Andere, daß die des elften Hirnnerven jene Verkürzungsgebilde in frisch getödteten Säugethieren anregten. Der Widerspruch dürfte von zweierlei Ursachen abhängen. Einzelne Mittelbündel können dem herumschweifenden oder dem Beinerven je nach dem Ermessen des Beobachters zugerechnet werden. Wir werden überdies in der Folge sehen, daß mehrere Thatsachen darauf hinzudeuten scheinen, daß hier Uebertragungen vorkommen, daß die Anregung, die ein vorderes Wurzelbündel des Lungenmagennerven trifft, andere Fasern und zwar selbst die des Beinerven in Thätigkeit versetzen kann.

Nervenverhältnisse der ersten Verdauungswege.

§. 1747. Zahlreiche Zweige des herumschweifenden Nerven begeben sich zu dem Schlundgeflechte, von welchem ein großer Theil der Empfindlichkeit und der Beweglichkeit des weichen Gaumens und des Schlundes herrührt. Die Speiseröhrengeflechte bieten ähnliche anatomische und physiologische Beziehungen dar. Die gemeinschaftlichen Wirkungen des zehnten und des elften Hirnnerven üben daher einen großen Einfluß auf die Mechanik des Schluckens aus. Hat man die beiden am Halse herablaufenden Stämme des Lungenmagennerven (*h*, Fig. 117, S. 197.) durchschnitten, so folgen Schlingbeschwerden binnen Kurzem nach. Bruchstücke der Nahrungsmittel gehen leicht in den Kehlkopf und die Luftröhre über (§. 372.). Die Speiseröhre füllt sich nicht selten mit einem Theile der verzehrten Ernährungskörper. Eine besondere Geneigtheit zum Erbrechen, das bei gefülltem Magen am Ehesten zum Vorschein kommt, tritt in Hunden und Katzen in der Regel hinzu.

Nerven des Kehlkopfes.

§. 1748. Der Kehlkopf erhält jederseits zwei Aeste von dem Halsstamme des herumschweifenden Nerven (*h*, Fig. 117, S. 197). Der obere Kehlkopfzweig geht oberhalb des Kehlkopfes dahin. Der untere dagegen kommt aus der Brusthöhle herauf und steigt dann längs der Luftröhre empor (neben *k*, Fig. 117.), um in den Kehlkopf einzudringen. Beide Aeste sind gemischter Natur, der obere aber vorherrschend empfindlich und der untere vorzugsweise bewegend. Jener versorgt einen nur kleinen Theil der Musculatur des Kehlkopfes und des angrenzenden Bezirkes des Schlundes (Cricothyreoideus, *b*, Fig. 284, S. 445 und *h*, Fig. 81, S. 135.); dieser dagegen die übrigen kleineren Kehlkopfmuskeln (Cricoarytaenoideus lateralis, *c*, Fig. 285, S. 445; Cricoarytaenoideus posticus, *b*, Fig. 285; Thyreoarytaenoideus, *d*, Fig. 285; Arytaenoideus transversus, *e*, Fig. 285, und Arytaenoideus obliquus, *f*, Fig. 285.). Man kann übrigens die eben angegebene Verbreitungsweise nur auf physiologischem Wege, durch Reizversuche, die man an frisch getödteten Thieren anstellt, ermitteln. Die anatomische Prüfung

leistet in diesem Falle weniger, weil der obere und der untere Kehlkopfszweig in dem Innern des Kehlkopfes theilweise zusammenfließen, so daß die Darstellung des feineren Faserverlaufes zu den Unmöglichkeiten gehört. Die empfindenden Elemente begeben sich vor Allem zur Schleimhaut des Kehlkopfes, zum Theil aber auch wahrscheinlich zu der des angrenzenden Schlundbezirkes.

Nerven der Luftröhre und der Lungen. §. 1749. Die Empfänglichkeit der Luftröhrenschleimhaut und die Verkürzungserscheinungen, die man an jenem Zwischenrohre nach künstlichen Anregungen erhalten kann (§. 1306.), hängen von dem Halsstamme des herumschweifenden Nerven ebenfalls ab. Die zahlreichen Aeste, die der zehnte Hirnnerv in die Lungengeflechte der Brusthöhle und von da in die Lungen selbst sendet, üben einen bedeutenden Einfluß auf die Empfindlichkeit und die Beweglichkeit dieser wichtigen Abschnitte der Athmungswerkzeuge aus. Die beiden herumschweifenden Nerven können daher die Athmungsthätigkeiten wesentlich ändern.

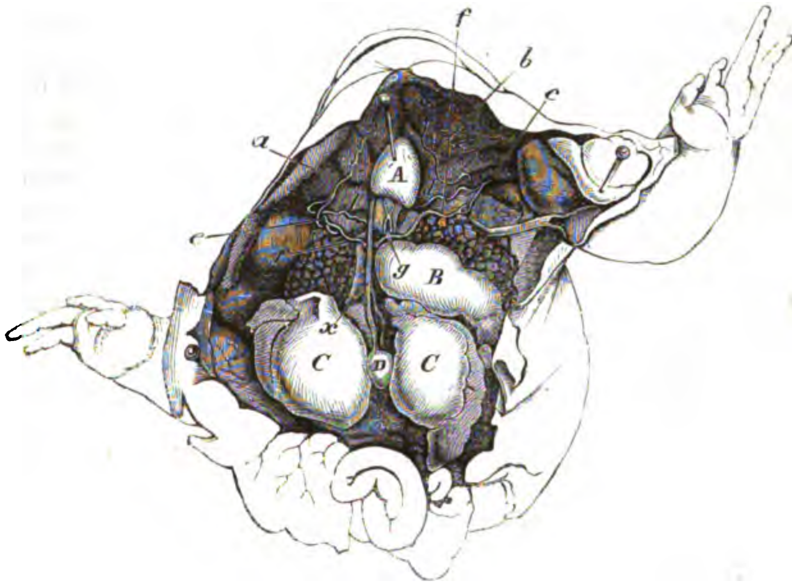
Erstickung nach Lähmung der Vagi. §. 1750. Hat man die zwei unteren Kehlkopfnerven oder die Halsstämme des herumschweifenden Nerven in einem neugeborenen Thiere durchschnitten, so geht dieses binnen Kurzem an Erstickung zu Grunde. Legt man zugleich eine Luftröhrenfistel (§. 1414.) an, so kann das Leben länger erhalten bleiben. Aeltere Geschöpfe widerstehen jenem Eingriffe mit größerer Hartnäckigkeit. Sie können wenigstens eine Reihe von Stunden oder Tagen fortleben. Es ergiebt sich aus jener zuerst erwähnten Erfahrung, daß der rasche Tod junger Säugethiere von einem Athmungshinderniß, das oberhalb der Luftröhre vorhanden ist, abhängen muß. Die Ursache liegt in der That darin, daß die Stimmbänder nach der Lähmung der Kehlkopfmuskeln (§. 1407.) ventilartig zusammenklappen und die Stimmritze verschließen. Wir haben daher ein mechanisches Athmungshinderniß (§. 738.), das eine Luftröhrenfistel beseitigen kann.

§. 1751. Obgleich jüngere Geschöpfe, in denen man eine künstliche Athmungsöffnung angebracht hat, und ältere Wesen auch ohne dieses Nebenmittel länger erhalten bleiben, so sterben sie doch spätestens wenige Tage nach jener Nervenverletzung. Es erzeugt sich eine Lungenentartung, die das Leben allmählig untergräbt. Manche Forscher, wie Schiff, schließen aus ihren Beobachtungen, daß die Unthätigkeit der herumschweifenden Nerven die Ernährungsverhältnisse der Lungen durchgreifend stört. Die entzündungsähnlichen Erscheinungen und die eigenthümlichen Ausschwitzungen bilden dann die nothwendigen Folgen jenes Wechsels der Ernährungserscheinungen der Athmungswerkzeuge. Andere, wie Traube, dagegen suchten das Ganze aus mechanisch-chemischen Beziehungen herzuleiten. Da Speisereste und Schleimmassen der Anfangstheile des Nahrungscanales in die Luftröhre und die Bronchialverzweigungen (§. 1747.) übertreten, so hat man hier eine Reihe reizender Körper, welche die Lungenentartung allmählig herbeiführen.

§. 1752. Drückt man den Halsstamm des herumschweifenden Nerven eines frisch getödteten Säugethieres, so ziehen sich oft einzelne Muskelbündel der Kammern des ruhenden Herzens von Neuem zusammen. Ein Verfahren, das Ed. Weber und Budge zuerst einführten, kann diesen Nerveneinfluß noch deutlicher nachweisen. Die Versuche gelingen eben so gut in den Säugethieren, als in den Vögeln, den Amphibien und den Fischen. Da man aber die Untersuchung am Leichtesten am Frosche anstellt, so wollen wir die Erscheinungen an diesem Thiere zunächst zu erläutern suchen. Abhängigkeit des Herzschlages von dem herumschweifenden Nerven.

§. 1753. Wenn *A*, Fig. 376, das zurückgeschlagene und mit einer

Fig. 376.



Nadel aufgestochene Herz eines Frosches darstellt, so bildet *c* den linken Hauptstamm des herumschweifenden Nerven. Man sieht, daß er einen großen Herzzweig *f* enthält. Beide Herzäste bilden dann ein ganglioses Geflecht *g* in dem Bereiche der Vorkammern.

§. 1754. Läßt man die Schläge des Magnetelektromotors (§. 248.) auf *f* oder *c* in einem frisch getödteten und noch sehr empfänglichen Thiere einwirken, so steht der Herzschlag sogleich still. Hält die elektrische Einwirkung nicht zu lange an, so dauert auch die Diastole (§. 576.) während der ganzen Versuchszeit. Fährt man dagegen mit der Elektrisation immer weiter fort, so fängt das Herz einige Zeit später dessenungeachtet zu klopfen an. Die Wurzeln des herumschweifenden Nerven oder des Beinerven (*y*, Fig. 375, S. 543.) führen im Wesentlichen zu den gleichen Ergebnissen.

Einfluß des Vagus auf den Magen. §. 1755. Reizt man den Halsstamm des zehnten Nerven mechanisch, chemisch oder galvanisch, so kann man häufig genug Magenbewegungen in frisch getödteten Säugethieren zum Vorschein bringen. Hat man den Nerven in lebenden Hunden durchschnitten, so bemerkt man bisweilen, daß die traurigen Thiere die Nahrungsmittel nicht aufsuchen, bedeutende Mengen dagegen bei einzelnen Gelegenheiten zu sich nehmen. Man glaubte hieraus schließen zu können, daß die Lähmung der Empfindungsfasern des Vagus das Nahrungsbedürfniß und das Sättigungsgefühl beseitigt. Künftige Erfahrungen werden über die Richtigkeit dieser Folgerung näher entscheiden müssen.

§. 1756. Hat man die beiden herumschweifenden Nerven in einem älteren Hunde oder Kaninchen am Halse durchschnitten, so ist die Magenverdauung wesentlich gestört. Sie geht jedenfalls langsamer vor sich. Einzelne Speisenmassen, wie z. B. hartes Fleisch, scheinen fast gar nicht angegriffen zu werden. Der Mageninhalt kann noch vollständig sauer reagiren und die angesäuerte künstliche Verdauungsflüssigkeit, die aus dem Magen des operirten Thieres bereitet worden, geronnene Eiweißkörper rasch auflösen (§. 439.). Es sind also die organischen Contactstoffe, das sogenannte Pepsin (§. 299.), nicht verloren gegangen. Manche Forscher haben dagegen in Abrede gestellt, daß ein saurer Magensaft ferner noch bereitet werde. Die mechanische Reizung der Magenschleimhaut von Hunden, in denen eine Magenfistel angelegt worden, lieferte ihnen dann eine alkalische Flüssigkeit.

Einfluß des Vagus auf die Gedärme. §. 1757. Der Halsstamm des herumschweifenden Nerven frisch getödteter Hunde oder Kaninchen kann auch die dünnen oder die dicken Gedärme in Thätigkeit setzen. Diese Thatsache erklärt sich zunächst daraus, daß sich Zweige der Magengeflechte, an denen sich die beiden herumschweifenden Nerven wesentlich betheiligen, in die Stämme, welche jene Abschnitte des Nahrungscanals versorgen, unmittelbar oder mittelst des Sonnengeflechtes eintreten.

Beinerv. §. 1758. Der äußere Ast des Beinerven, d. h. derjenige Theil des elften Hirnnerven, der in die Aeste des zehnten nicht eindringt, sondern nur einzelne Empfindungsfasern von diesem aufnimmt, versorgt einige wenige Hals- und Rückenmuskeln (Sternocleidomastoideus, *a b*, Fig. 266, S. 424, und Cucullaris, *c*, Fig. 266.). Hat man die beiden Beinerven einer Katze oder eines Kaninchens ausgerissen, so daß alle Wurzelanfänge derselben zerstört worden, so verliert sich die Stimme der Thiere größtentheils oder vollständig. Die Schluckbewegungen dagegen können noch, wie es scheint, mit der früheren Kraft ausgeführt werden.

Zungenfleischnerv. §. 1759. Wir haben schon §. 1742 gesehen, daß der Zungenfleischnerv (*z*, Fig. 375, S. 543.) die Bewegungen der Zunge hauptsächlich leitet. Alle Wurzeln desselben scheinen motorische Fasern einzuschließen. Empfindungsfasern fehlen jedoch wahrscheinlich ebenfalls nicht.

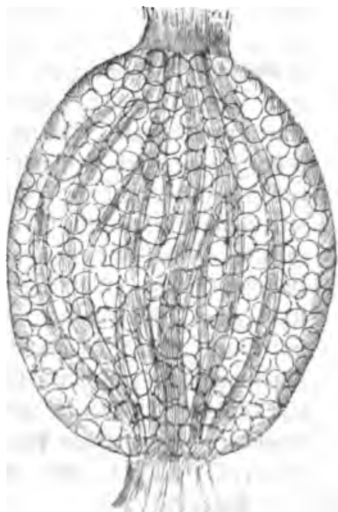
§. 1760. Der zwölfte Hirnnerv erzeugt noch einen eigenthümlichen Zweig, den absteigenden Ast, an dem sich die obersten Hals-

nerven wesentlich betheiligen. Er bewegt einzelne Halsmuskeln (Omohyoideus. Sternohyoideus, Sternothyreoideus) und verbindet sich zugleich im Menschen mit dem Zwerchfellnerven, der ursprünglich aus den unteren Halsnerven hervorgeht, Fasern der oberen auf diese Weise aufnimmt und die Verkürzungserscheinungen des Zwerchfelles (*mno*, Fig. 9, S. 35.) zu einem großen Theile beherrscht.

§. 1761. Der Grenzstrang oder der Hauptstamm des sympathischen Nerven (N. sympathicus) geht jederseits von dem Kopfe längs des Halses, der Brust und des Unterleibes bis zum Schwanzbeine herab. Er zeichnet sich zunächst dadurch aus, daß er eine Reihe von Anschwellungen oder Nervenknoten, die sich von Wirbel zu Wirbel in der Brust und dem Unterleibe wiederholen, darbietet. Zahlreiche Wurzelfäden treten zu ihm aus den sämmtlichen Rückenmarks- und einem großen Theile der Hirnnerven hinüber. Er entläßt anderseits eine große Menge von Zweigen, die in spätere Knoten treten und die Rumpfeingeweide, viele Blutgefäßstämme, zahlreiche Drüsen und andere Gebilde versorgen helfen. Aehnliche Knotenbildungen finden sich auch in manchen andern Nerven, wie in den hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven (§. 1719.), einem Theile der Augennerven (§. 1726.), den Stämmen und einzelnen Zweigen des dreigetheilten (§. 1729.), des herumschweifenden (§. 1744.) und mancher anderen Hirnnerven. Man faßt häufig alle diese Anschwellungen unter dem Namen des Gangliensystems zusammen. Manche Forscher dagegen beziehen diesen Ausdruck nur auf die beiden Grenzstränge und die mit ihnen verbundenen Nervenanschwellungen, weil sich die Bezirke des sympathischen Nervensystems durch ihre zahlreichen Ganglienmassen vor Allem auszeichnen. Sympathischer Nerv.

§. 1762. Die eben erwähnten Nervenanschwellungen entstehen dadurch, daß ein neues Hauptelement, die Ganglienkugeln (§. 1692.), zu den Nervenfasern hinzukommen. Fig. 377 zeigt z. B. einen Knoten der hinteren Wurzel eines Halsnerven der Katze unter schwacher Vergrößerung. Man sieht hier die zahlreichen Ganglienkugeln neben den bündelweise durchtretenden Primitivfasern eingelagert. Fig. 378 (s. f. S.) stellt einzelne dieser Ganglienkörper, wie sie nach dem Zerrupfen der Ganglien nicht selten frei herausfallen, stärker vergrößert dar (Taf. V. Fig. LXXIV.). Ganglienkugeln.

Fig 377.



§. 1763. Feine Schnitte, in welchen man diese Gebilde in ihrer natürlichen Lage erblickt, führen zunächst zu der Ueberzeugung, daß sie Hüllen der Ganglienkugeln. Umspinnende und durchsetzende Fasern.

nicht frei zwischen den Nervenfasern liegen, sondern daß sie ein eigenes Hüllensystem, dem wahrscheinlich auch eine gewisse physiologische Bedeutung zukommt, überall besitzen. Man findet häufig am Rande einzelne Ganglienkugeln, die sich wie Fig. 379 darstellen. Eine concentrische

Fig. 378

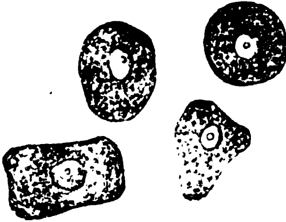


Fig. 379.

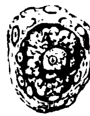
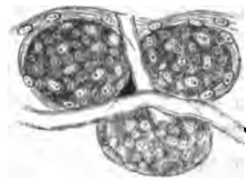


Fig. 380.



scheinbar faserige Hülle, an der zahlreiche, länglichrunde Kerne bemerkt werden, umringt das Ganze. Diese Kernbildungen bedecken auch bisweilen die freie Oberfläche der Ganglienkugel, so daß die Grundmasse, der Kern und die Kernkörperchen (Taf. V. Fig. LXXI. a. b. c.) unkenntlich werden, wie es Fig. 380 anzudeuten sucht. Man sieht hier zugleich, wie sich einzelne markige Primitivfasern zwischen den Ganglienkugeln hindurchwinden. Diese heißen daher auch die umspinnenden Fasern, im Gegensatze zu den Fig. 377 dargestellten durchsetzenden Fasermassen, welche den Knoten bündelweise durchziehen und in dem Grenzstrange oder den untergeordneten Aesten weiter verlaufen.

Scheidenfortsätze. §. 1764. Ist es gelungen, einen dünnen Schnitt, welcher der Knotenmasse und einem mit ihr verbundenen Nervenzweige eines Säugethieres angehört, herzustellen, so erhält man eine Anschauung, wie sie Fig. 381 zu versinnlichen sucht (Taf. V. Fig. LXXI.). Die Ganglienkugel *a*, Fig. 381, wird von der §. 1763 erwähnten Hülle *b* umringt. Diese geht aber auch als *d* in den Nerven hinein weiter fort. Man nennt daher *d* die Scheidenfortsätze der Ganglienkugeln. Nervenfasern mit deutlichem Markinhalte, *c*, Fig. 381, verlaufen zwischen ihnen. Ein Bruchstück eines Nervenastes, der mit einem Ganglion in Verbindung steht, zeigt daher häufig beiderlei Elemente neben einander, die markigen Primitivfasern, *a*, Fig. 382, und die mit Kernen versehenen Scheidenfortsätze, *b*, Fig. 382.

Fig. 381.

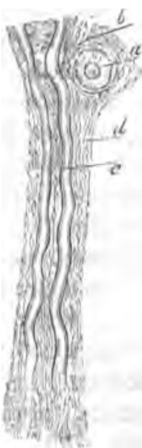
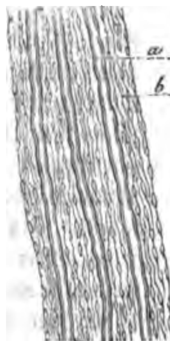


Fig. 382.



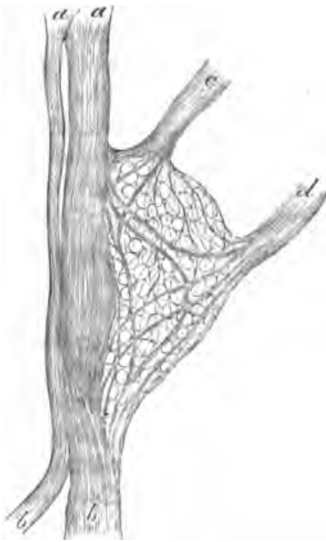
§. 1765. Ein Nerv, der aus gewöhnlichen Markfasern vorzugsweise besteht, erscheint dem freien Auge auffallend weiß. Sind dagegen beträchtliche Mengen von Elementen der Scheidenfortsätze beigemischt, so besitzt das Ganze eine grauweiße Farbe im frischen Zustande. Diese geht bald in eine grauröthliche Färbung in Folge der Fäulniß über. Der Nervenstrang pflegt dann auch weicher auszufallen. Man hat daher diese Art von Zweigen mit dem Namen der grauen oder der weichen Nerven belegt. Die Scheidenfortsätze selbst sind oft als organische oder als Remaksche Fasern bezeichnet worden. Sie gehören aber ihrem Aussehen nach zu der Gruppe der Zellgewebsgebilde oder der Hüllenmassen. Ihre physiologische Bedeutung ist vorläufig gänzlich unbekannt. Graue Nerven.

§. 1766. Vergleicht man einen reinen Bewegungsnerven, z. B. die vordere Wurzel eines Rückenmarksnerven mit einem Zweige des sympathischen Grenzstranges, so sieht man, daß jener eine bedeutende Menge breiter Nervenfasern (Taf. V. Fig. LXVIII. b.), dieser dagegen vorherrschend schmale (Taf. V. Fig. LXVIII. c.) zu enthalten pflegt. Bidder und Volkmann glaubten annehmen zu können, daß dieser Durchmesserunterschied auf zwei besondere Klassen von Nervenfasern hindeutet. Die breiteren Fasern stammen aus dem Gehirn und dem Rückenmarke, sie sind, wie man sich ausdrückt, rein cerebrospinale oder animale Nervenelemente. Die schmaleren dagegen entstehen aus den Ganglien des peripherischen Nervensystems, vorzugsweise des sympathischen Nerven. Sie müßten daher als besondere sympathische Fasern betrachtet werden. Die späteren Forschungen deuten immer mehr darauf hin, daß ein scharfer Unterschied zwischen diesen zwei Faserarten nicht vorhanden ist. Beide besitzen den gleichen Markinhalt, der varicöse Anschwellungen (Taf. V. Fig. LXVIII. d.) in Folge von Verletzungen oder anderen regelwidrigen Eingriffen darbietet und nach dem Tode früher oder später gerinnt (Taf V. Fig. LXIX.). Man stößt häufig auf mittelbreite Fasern, die man zu den schmalen oder den dicken nach Belieben stellen kann (Taf. V. Fig. LXVIII. d.). Obgleich der Sympathicus größtentheils feine Fasern einschließt, so kommen doch auch nicht selten breitere in ihm vor. Schmale Fasern zeigen sich umgekehrt häufig genug in den verschiedensten Cerebrospinalnerven. Die Breite der gleichen Faser nimmt oft in ihrem ferneren Verlaufe ab, so daß z. B. die meisten Endgeflechte zahlreiche dünne Fasern darzubieten pflegen. Man ist daher auch nicht berechtigt, eine jede dünne Faser, die man in einem beliebigen Nervenstamme antrifft, ohne Weiteres als sympathische anzusprechen. Breite und schmale animale und sympathische Nervenfasern.

§. 1767. Prüft man einen ganzen Brustknoten des Grenzstranges der Katze unter schwacher Vergrößerung, so erhält man eine Anschauung, wie sie Fig. 383 (s. f. S.) wiedergiebt. Der größte Theil der Fasermasse des Grenzstranges *ab* geht hier gerade hinab. Andere Bündel der Wurzelfäden *c* und *d* treten durch das Ganglion hindurch, um sich an die Fasermasse des Grenzstranges oder der Aeste desselben später anzulegen. Wir Faserfortsätze der Ganglienkugeln.

sehen mit einem Worte, daß viele Faserelemente nur in mittelbare Berührung mit den Ganglienkugeln kommen.

Fig. 383.



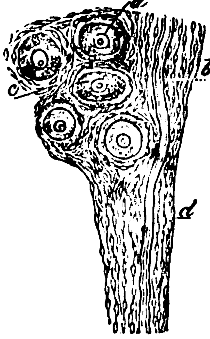
Die feine Zerfaserung der Nervenknoten der Fische dagegen führt zu manchen eigenthümlichen Ergebnissen, die von Robin, Wagner und Bidder zuerst erkannt wurden. Theilt man z. B. den Gasser'schen Knoten (*x*, Fig. 359, S. 514.) einer eben getödteten Quappe (Gadus Lota) in möglichst feine Bruchstücke, so erhält man nicht selten Anschauungen, wie sie Taf. V. Fig. LXXII. darstellt. Die Ganglienkugel *a*, Fig. 383, besitzt oben und unten einen Fortsatz, *b* und *c*, der sich als eine markige Primitivfaser deutlich verräth. Hat die Fäulniß etwas tiefer durchgegriffen, so lassen sich solche Präparate noch leichter darstellen. Die Gerinnung des Nerveninhaltes und die Selbstzersetzung der übrigen Masse führt aber dann nicht selten zu Bildern, wie sie Taf. V. Fig. LXXIII. wiederzugeben sucht.

§. 1768. Man wird sich von den eben geschilderten Verhältnissen in manchen Fischen am Leichtesten überzeugen. Die Quappe, der Hecht, der Aal, die meisten Knorpelfische können hierzu eher, als die Karpfenarten gebraucht werden. Der Gasser'sche Knoten oder die Wurzeln der Rückenmarksnerven führen wiederum häufiger zum Ziele, als der Knoten des herumschweifenden Nerven, und dieser öfter, als der Sonnenknoten der Baucheingeweide. Man erkennt auch in den Fischen am Sichersten, daß kein einseitiger markiger Nervenfortsatz, sondern mindestens zwei von je einer Ganglienkugel ausgehen.

§. 1769. Man kann die eben geschilderten Thatsachen so auffassen, daß eine Nervenprimitivfaser (Taf. V. Fig. LXXII. b. c.) mitten in ihrem Verlaufe von einer Ganglienkugel (*a*) unterbrochen wird. Die bis jetzt bekannten Erscheinungen sind jedoch noch weit entfernt, den ganzen Sachverhalt mit befriedigender Klarheit darzulegen. Es frägt sich nämlich, wie sich der markige Nerveninhalt zu der verschiedenartigen Masse der Ganglienkugel verhält, ob eine wahre Nachbarschaft oder eine andere Beziehung vorhanden ist, ob die Ganglienkugel in einem veränderten Nerveninhalte schwimmt oder dieser nur nebenbei dahinläuft. Die das Nervenmark einschließende Hülle scheint sich jedenfalls bauchig zu erweitern, um die Ganglienkugel aufzunehmen. Es kann auch vorkommen, daß die gleiche Nervenfaser von einer zweiten Ganglienkugel in ihrem ferneren Verlaufe unterbrochen wird.

§. 1770. Die Reptilien, die Vögel und die Säugethiere setzen größere Schwierigkeiten der Untersuchung entgegen. Ein feiner Schnitt eines sympathischen Ganglion eines Säugethieres zeigt z. B. Ganglienkugeln, *a*, Fig. 384, die mit gar keiner der sichtbaren ächten Nervenfasern, *b*, in Verbindung stehen. Man kann in einzelnen kleinen Ganglien des Frosches nachweisen, daß weit mehr Ganglienkugeln als Nervenfasern vorhanden sind. Es unterliegt daher keinem Zweifel, daß nicht alle Ganglienkugeln in Nervenfasern eingeschaltet sind. Andere Knoten des Frosches zeigen zwar doppelte Fortsätze. Man kann jedoch keinen Markinhalt in ihnen nachweisen. Kölliker und viele andere Forscher haben häufig bemerkt, daß einseitige Markfasern von einzelnen Ganglienkugeln ausgingen. Man darf jedoch gegen diese Beobachtungen, die sich übrigens häufig bestättigen lassen, mit Recht einwenden, daß der zweite Fortsatz in Folge der Präparation abgerissen oder durch ungünstige Lagenverhältnisse verdeckt worden. Man findet ihn in der That in einzelnen Präparaten bei anhaltenderem Nachsuchen.

Fig. 384.



§. 1771. Wir haben §. 1761 gesehen, daß zahlreiche Nervenäste den Grenzstrang des sympathischen Nerven mit den Hirn- und den Rückenmarksnerven verbinden. Die Deutung dieser Zwischengebilde hat eine Reihe verschiedener Ansichten, die schon seit mehr als hundert Jahren einander gegenüberstehen, hervorgerufen. Viele Forscher nahmen mit Haller und dessen Schule an, daß die in den Verbindungssträngen enthaltenen Primitivfasern aus den Cerebrospinalnerven (§. 1690.) stammen, die Nervenknoten durchsetzen und in den einzelnen Aesten derselben später ausstrahlen. Der Sympathicus müßte hiernach zu den Cerebrospinalnerven seinem Wesen nach gerechnet werden. Das Gehirn und das Rückenmark beherrschten ihn eben so gut, als die übrigen Nerven die peripherischen Körpertheile. Die später zu erwähnenden physiologischen Eigenthümlichkeiten, welche die Zweige desselben darzubieten pflegen, rührten nur von den zahlreichen, auf den Zwischenbahnen eingeschalteten Knoten her. Andere dagegen folgten der von Petit angeregten und vorzüglich von Bichat ausgebildeten Auffassungsweise. Der Sympathicus oder das Gangliensystem überhaupt bildet hiernach ein von dem Gehirn und dem Rückenmarke unabhängiges Nervensystem. Seine eigenthümlichen Nervenfasern versorgen vor Allem die Eingeweide, die Blutgefäße, die Drüsen und überhaupt alle Gebilde, die den Ernährungserscheinungen, den unbewußten und den unwillkührlichen Thätigkeiten dienen sollen. Man hat daher hier ein eigenes Eingeweide-, ein vegetatives oder organisches Nervensystem, das dem animalen als selbstständig und gleichberechtigt gegenübersteht. Dieses Letztere umfaßt die

Anatomische Selbstständigkeit oder Abhängigkeit des sympathischen Nerven.

Cerebrospinalnerven, welche die bewußten Sinnes- und Schmerzensempfindungen nebst den Willkührbewegungen möglich machen.

Anatomische Verhältnisse der Fasern des Sympathicus.

§. 1772. Man muß die Untersuchung von zwei Seiten, vom anatomischen und vom physiologischen Standpunkte aufnehmen. Man kann in den meisten Ganglien bemerken, daß einzelne Fasern oder Bündel derselben von den Wurzeln aus durch den Knoten hindurchgehen (§. 1767.). Breite Fasern lassen sich sogar durch mehrere Ganglienbildungen, z. B. des Grenzstranges und des Eingeweideastes der Brusthöhle, in kleineren Säugethieren verfolgen. Diese Thatsachen deuten schon an, daß eine vollständige Unabhängigkeit des sympathischen Nervensystems oder der Ganglien nicht vorhanden ist. Sie würden sogar diesen Satz unumstößlich beweisen, wenn man den ganzen Verlauf der Fasern unter dem Mikroskope mit Sicherheit darlegen könnte.

Faservermehrung in den Ganglien.

§. 1773. Man kann häufig bemerken, daß der Gesammtumfang der Zweige, die aus einem Ganglion treten, den der Wurzeläste beträchtlich übertrifft. Die Scheidenfortsätze (§. 1764.), welche in dem Menschen, den Säugethieren und den Vögeln in reichlicher Menge vorkommen, können diese Durchmesservergrößerung theilweise erklären. Man findet sie aber auch in Amphibien und Fischen, in denen sich jene Nebenbildungen in weit geringerem Maaße geltend machen. Man vermag hier am Deutlichsten nachzuweisen, daß die Abgangsäste mehr Primitivfasern als die Wurzelzweige einschließen. Bidder und Volkmann fußten vor Allem auf diesem Zahlenunterschiede, um die anatomische Selbstständigkeit des Gangliensystems zu unterstützen. Es müßten eigenthümliche, sympathische, organische, vegetative oder Ganglienfasern, die sich theils peripherisch, zum Theil aber auch central, d. h. in das Gehirn und das Rückenmark begeben, in den Knoten erzeugt werden.

Umbiegungen in dem Faserverlaufe.

§. 1774. Die scheinbare oder wirkliche Vermehrung der Fasern kann von den verschiedensten Verhältnissen möglicher Weise herrühren. Viele Nervenfasern gehen nicht geraden Weges ihrem Endverlaufe entgegen. Es wiederholt sich vielmehr eine ähnliche Erscheinung, wie wir sie schon (§. 1700.) für die Endgeflechte kennen gelernt haben. Die Fasern liegen nämlich eine Strecke weit in einem gegebenen Nervenstamme, biegen dann um und kehren in dem gleichen Nerven zurück, um eine andere Bahn fernerhin aufzusuchen. Der Brusttheil des herumschweifenden Nerven der Mäuse kann diesen eigenthümlichen Verlauf am Ehesten versinnlichen. Einzelne Beispiele der Art kommen in dem Grenzstrange des Sympathicus des Frosches hin und wieder vor. Man sieht leicht, daß die umbiegenden Fasern in dem Aste, in welchem sie hin- und zurücklaufen, doppelt zählen. Dieser Umstand kann zwar den Schein einer Faservermehrung, die in den Ganglienästen Statt fände, theilweise bedingen. Alle genaueren Untersuchungen deuten aber darauf hin, daß er nur in untergeordnetem Maaße eingreift und daß die Zunahme der Fasermenge wahrhaft vorhanden ist.

§. 1775. Kölliker, der die einseitigen Faserursprünge zuerst nachdrücklicher vertheidigte, nahm seinen Erfahrungen gemäß an, daß der Sympathicus zum Theil abhängig, zum Theil aber auch unabhängig ist. Die Cerebrospinalfasern, welche die Ganglien durchsetzen, machen die Beziehungen zu dem Gehirn und dem Rückenmarke möglich. Die Ganglienfasern dagegen, die von den Ganglienkugeln einseitig ausgehen, bilden die selbstständigen Elemente des Sympathicus oder der Ganglien. Diese erklären zugleich die Faservermehrung, welche in den Knoten bemerkt wird. Einseitige Faserursprünge.

§. 1776. Wir haben schon §. 1770 gesehen, daß sich gerechte Bedenken der Annahme bloß einseitiger Faserursprünge entgegenstellen lassen. Der Vagusknoten der Fische gehört zu denjenigen Gebilden, in welchen die größere Dicke des austretenden Stammes am Leichtesten in die Augen fällt. Man findet hier dessenungeachtet nur in verdächtigeren Präparaten einseitige Faserfortsätze. Diese kommen überdies keineswegs häufig vor. Die neueren mikroskopischen Untersuchungen haben aber auch noch andere Aussichten, die Faservermehrung begreiflich zu machen, dargeboten.

§. 1777. Diejenigen Ganglienkugeln, von welchen nur eine obere und eine untere Markfaser ausgehen, werden in den Fischen am Häufigsten wahrgenommen. Ließe sich nun mit Sicherheit darthun, daß der eine Fortsatz (Taf. V. Fig. LXXII. b.) mit dem Gehirn oder dem Rückenmarke verbunden ist, während der zweite (c) seine peripherische Bahn weiter verfolgt, so könnte die Einschaltung der Ganglienkugeln gar keine Faservermehrung möglich machen. Man findet aber bisweilen, daß die beiden Markfasern nicht von den zwei Polen (Taf. V. Fig. LXXII. und Fig. LXIII.), sondern von einer Seite der Ganglienkugel ausgehen. Bidder bemerkte nun z. B. in einem Knoten einer Rückenmarkswurzel der Quappe, daß die beiden Fortsätze in denselben Nervenstamm in peripherischer Richtung, wie es Fig. 385 darstellt, eintraten. Man hätte hiernach eine neue Erklärung der Faservermehrung. Sie könnte zugleich die Annahme selbstständiger Ganglienfasern unterstützen helfen. Peripherischer Verlauf beider Faserfortsätze.

Fig. 385.



Mehrere Thatsachen stellen sich dieser Auffassungsweise mit Recht entgegen. Anschauungen, wie sie Fig. 385 zeigt, sind jedenfalls äußerst selten. Manche Forscher haben sie trotz des eifrigsten Suchens nie erhalten können. Die Häufigkeit der angenommenen Ganglienfasern müßte aber Bilder der Art öfters vorführen. Läßt man auch dieses bei Seite, so bleibt es immer dahingestellt, ob die beiden Fasern, die peripherisch eintreten, in dieser Bahn wahrhaft verlaufen.

Wahrscheinlichste Ursachen der Faservermehrung in den Ganglien.

§. 1778. Einige andere Thatsachen können eher von der Ursache der Faservermehrung Rechenschaft geben. Man sieht allerdings meistentheils nur zwei Fortsätze, die von einer Ganglienkugel der Fische ausgehen. Stannius bemerkte aber in einem Haifische, daß ein Nervenkörper einerseits eine und anderseits zwei Fasern entließ. Die Abbildung, welche dieser Forscher von jenem Falle giebt [46]), scheint anzudeuten, daß eine Theilung der Primitivfaser dicht an der Ganglienkugel Statt gefunden hat. Spuren von Theilungen der Fasern sind mir ebenfalls in verschiedenen Knoten vorgekommen. Diese Thatsachen weisen darauf hin, daß der eine Grund der Faservermehrung in Spaltungen, die in den Ganglien eben so gut wie in den freien Nerven auftreten, liegen könnte.

§. 1779. Eine zweite Ursache ist vielleicht darin zu suchen, daß sich manche Hüllen, die von den Ganglienkugeln allseitig und vielfach ausgehen, mit Markmasse anfüllen. Einzelne graue Nerven (§. 1765.), die z. B. aus dem Magenknoten der Säugethiere entspringen, zeigen bisweilen gar keinen Markinhalt, selbst nach der Behandlung mit kaustischem Kali oder Natron. Er kommt erst mit Hilfe dieser Reagentien in anderen Fällen zum Vorschein. Die Hülle, welche in den Fasern der gewöhnlichen Cerebrospinalnerven dünn, hell und durchsichtig ist, fällt in vielen Zweigen der Nervenknoten dicker, undurchsichtiger und grauweißer oder gelbröthlicher aus. Es hängt daher nur von zufälligen Nebenverhältnissen ab, ob man einen Markinhalt wahrzunehmen vermag oder nicht. Sollten sich nun solche Hüllen, die von den Ganglienkugeln nach mehreren Seiten hin ausstrahlen und sich sogar bisweilen gabelig spalten (Taf. V. Fig. LXXIV. c. d. e.), früher oder später mit Nervenmark anfüllen, so wäre hierdurch die reichlichste Vermehrung der Zahl der ächten Nervenfasern in centraler oder in peripherischer Richtung möglich gemacht.

§. 1780. Der gegenwärtige Standpunkt der Geweblehre liefert mithin die verhältnißmäßig geringste Wahrscheinlichkeit für die vollkommene anatomische Selbstständigkeit des Sympathicus oder des Gangliensystems. Eine beträchtliche Vergrößerung der Fasermenge könnte auch auf dem Wege der Theilung oder der Anfüllung einzelner Scheidenfortsätze der Ganglienkugeln mit Nervenmark trotz der vollständigsten anatomischen Abhängigkeit zu Stande kommen. Eigenthümliche, sicher zu erkennende sympathische Nervenfasern sind bis jetzt nicht nachgewiesen worden. Die stärkeren §. 1779 erwähnten Hüllen finden sich zwar häufiger in den Zweigen, die von dem Grenzstrange oder den späteren Ganglien ausgehen. Man kann sie aber auch oft genug in den Knoten der Cerebrospinalnerven auffinden. Ihre Menge wechselt übrigens mit den Verschiedenheiten des Alters, der Art und vielleicht selbst der Individualität der Thiere.

Scheinbare physiologische Selbstständigkeit des Sympathicus.

§. 1781. Der Hauptgrund, weshalb man eine physiologische Selbstständigkeit dem Sympathicus oder dem Gangliensysteme zugeschrieben hat, lag in den eigenthümlichen Beziehungen der meisten Organe, die

von jenem Bezirke des Nervensystems größtentheils versorgt werden. Alle Tasterregungen, welche die Brust- und die Baucheingeweide, die Blutgefäße, die Drüsen und die übrigen ausschließlichen Ernährungswerkzeuge treffen, gehen unbemerkt vorüber. Unser Wille übt überdies keinen unmittelbaren Einfluß auf jene Organe aus. Da nun die bewußten Empfindungen und die Willkührbewegungen unmittelbar oder mittelbar von dem Gehirn abhängen, so könnten die Nervengebilde, welche die Ernährungserscheinungen leiten, nicht so weit hinaufreichen. Ihre Centralorgane lägen in dem Sympathicus oder in den Nervenknoten überhaupt, mithin in Theilen, die von den Vermittlern der höheren Geistesregungen weit abstehen.

§. 1782. Eine Reihe täglicher Erfahrungen zeugt schon wider diese Vorstellungsweise. Es kann unter krankhaften Verhältnissen vorkommen, daß die Eingeweide die lebhaftesten Schmerzen erregen, daß Reize, die sonst unbemerkt vorübergehen, die unangenehmsten Empfindungen nach sich ziehen. Es müssen sich daher die Einwirkungen unter gewissen regelwidrigen Bedingungen auf die Hirnorgane und das Bewußtsein übertragen. Es kann keine unüberwindliche Scheidewand zwischen den Ganglien und dem Gehirne vorhanden sein. Wir sehen umgekehrt, daß wir viele Reize, welche die feinsten Tastwerkzeuge treffen, in unserem Bewußtsein gar nicht aufzufassen pflegen. Die leisen Luftströme, die unsere Haut bestreichen, die geringen Temperaturveränderungen, die fortwährend durchgreifen, bleiben größtentheils unbemerkt. Viele zartere Sinneseindrücke gehen jeden Augenblick für das Bewußtsein verloren. Lieferten die Ganglien irgend eine Nebenbedingung, welche die Zuleitung zu dem Gehirn unter den gewöhnlichen Verhältnissen erschwerte, so ließe sich Alles erklären, wenn selbst die vollständigste Abhängigkeit von dem centralen Nervensysteme sonst Statt fände.

§. 1783. Die anatomische Betrachtung lehrt häufig genug, daß die Eingeweide nicht nur von dem Sympathicus, sondern auch von Hirnnerven, vorzüglich von dem herumschweifenden Nerven, versorgt werden. Es kann daher nicht sowohl die Selbstständigkeit des sympathischen Nerven, als die des Gangliensystems überhaupt in Betracht kommen. Prüft man zunächst die Hirnnerven, deren Knotenäste die Eingeweide aufsuchen, so findet man, daß die Wurzeln derselben, mithin diejenigen Gebilde, welche meistentheils mit dem verlängerten Marke verbunden sind, die Bewegungs- und vielleicht selbst die Empfindungswerkzeuge jener Organe beherrschen können. Die Rückenmarksnerven, von denen die Verbindungsstränge des Sympathicus ausgehen (§. 1761.), führen zu dem gleichen Hauptergebnisse. Man würde daher die völlige physiologische Unabhängigkeit der Eingeweidenerven von dem Gehirn und dem Rückenmark nur unter gewissen künstlichen Nebenhypothesen in Abrede stellen können.

Schmerzhaftigkeit des Sympathicus.

§. 1784. Reizt man den bloßgelegten Grenzstrang oder die Eingeweideäste eines lebenden Säugethieres, so ereignet es sich bisweilen, daß die schmerzhaften Empfindungen in dem ersten Augenblicke ausbleiben.

Sie treten dagegen bei längerer Fortsetzung des Versuches unzweifelhaft hervor. Schwache Eingriffe werden hin und wieder gar nicht, stärkere dagegen mit Nachdruck beantwortet. Die Verbindungsfäden des Grenzstranges (*cd*, Fig. 383, S. 556.) sind in der Regel in hohem Grade empfindlich. Die Knoten selbst pflegen anfangs die Reize minder pünktlich und Aeste, welche aus einer Ganglienreihe hervorgehen, am Schwächsten zu erwiedern. Diese Thatsachen scheinen die §. 1782 mitgetheilte Andeutung, daß die Ganglienkugeln die ungestörte Fortleitung der Reize erschweren, vollkommen zu bestättigen. Bedenkt man aber, daß die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven mit Ganglien versehen sind (§. 1719.) und nichts desto weniger die Tasteindrücke dem Bewußtsein auf das Pünktlichste verrathen, so bleiben nur zweierlei Annahmen möglich. Das Hemmungsvermögen kommt entweder nur einzelnen Knoten zu, oder die in der hinteren Rückenmarkswurzel enthaltenen Ganglienkugeln hängen bloß mit Fasern, die keine Tastempfindungen vermitteln, genauer zusammen.

Halsstamm des Sympathicus.

§. 1785. Der freie Halstheil des Grenzstranges des sympathischen Nerven bildet keine Knotenreihe, deren Zahl der der Halswirbel entspricht (§. 1761.). Der Mensch und viele Säugethiere besitzen vielmehr nur zwei bis drei Hauptknoten, das oberste, das minder beständige mittlere und das unterste Halsganglion. Jenes entläßt unter Anderem eine Reihe von Fasern, die sich in dem Kopfe weiter verbreiten. Diese Anordnung verräth sich in manchen physiologischen Erscheinungen in merklicher Weise.

Einfluß des Vagus-Sympathicusstammes auf das Sehloch des Auges.

§. 1786. Die Halsstämme des Grenzstranges des sympathischen und des herumschweifenden Nerven gehen in dem Menschen und dem Kaninchen gesondert hinab. Sie sind dagegen in dem Hunde inniger verbunden. Hat man nun diesen gemeinsamen Nerven an der oberen Hälfte des Halses in einem Hunde durchschnitten, so findet man, daß sich das Sehloch des Auges (*c*, Fig. 171, S. 288.) binnen Kurzem beträchtlich verkleinert und die einmal angenommene Größe Wochen oder Monate lang beibehält. Die Regenbogenhaut (*b*, Fig. 171.) kann daher von zweierlei Nervenquellen bestimmt werden. Der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv (§. 1726.) wirkt auf sie mittelst derjenigen Fasern, die in den Bahnen des Augenknotens und der Ciliarnerven dahingehen, der oberste Theil des Vagus-Sympathicusstammes dagegen durch die, welche von ihm aus nach dem Kopfe emporsteigen. Versuche, die in Kaninchen angestellt, und Krankheitsbeobachtungen, die am Menschen gemacht worden, deuten darauf hin, daß jene zweite Nervenquelle der Regenbogenhaut selbst in denjenigen Geschöpfen, die keinen gemeinschaftlichen Vagus-Sympathicusstamm besitzen, vorhanden ist.

Verhalten des Sympathicus zur Bewegung des Herzens.

§. 1787. Wir haben §. 1753 gesehen, daß der herumschweifende Nerv eine große Menge von Fäden dem Herzen mittheilt. Der Sympathicus liefert ebenfalls eine beträchtliche Reihe von Zweigen für dieses Hauptwerkzeug der Blutbewegung. Die vergleichende Anatomie deutet

schon klar darauf hin, daß die Beziehungen, in denen jene Nerven zu den Eingeweiden stehen, mit der Verschiedenheit der Thiere wesentlich abweichen. Theile, welche ihre Aeste aus dem sympathischen Stamme in den höheren Geschöpfen beziehen, werden in den niederen Wirbelthieren von dem Vagus versorgt. Dieser Umstand scheint sich auch für die physiologischen Verhältnisse geltend zu machen.

Beschleunigung der Herzbewegung.

§. 1788. So leicht sich der Einfluß, den der herumschweifende Nerv auf das Herz ausübt, in dem Frosche nachweisen läßt (§. 1787.), so wenig gelingt es hier, die Wirkungen der Aeste des sympathischen Grenzstranges mit Sicherheit darzulegen. Die Säugethiere dagegen führen zu einem eigenthümlichen Gegensatz. Spricht man den Halsstamm des herumschweifenden Nerven mit dem Magnetelektromotor (§. 248.) an, so erhält man den Stillstand des Herzens unter den günstigsten Nebenbedingungen. Wiederholt man den Versuch an dem Sympathicus oder den untergeordneten Aesten desselben, so wird der Herzschlag in glücklichen Versuchen immer beschleunigt. Die Ursprungsfäden des Vagus und die des Sympathicus oder der entsprechenden Rückenmarkswurzeln können hier den gleichen Gegensatz vor Augen führen. Wir haben mithin eine eigenthümliche Verschiedenheit, welche die zwischenliegenden Ganglien, wenigstens für die starke Erregung der wiederholten elektrischen Schläge, weder ursprünglich erzeugen, noch nachträglich aufheben können.

Beziehungen des Herzrhythmus zum Nervensysteme.

§. 1789. Das Herz zeichnet sich zunächst dadurch aus, daß Verkürzung und Erschlaffung von einem Augenblicke zum anderen in seinen Muskelmassen abwechseln (§. 576.). Da aber diese periodischen Thätigkeitsschwankungen in dem ausgeschnittenen Herzen wiederkehren, so folgt, daß sie von keinem der freien Nervenstämme, die sich zum Herzen begeben, ursprünglich abhängen. Diese Thatsache ist als ein Hauptbeweis der Selbstständigkeit des Gangliensystems angesehen worden. Die Nerven, die in dem Innern des scheinbar einfachen, in der That aber doppelten Vorhofssackes des Frosches (§. 598.) verlaufen, die meisten Zweige, welche in das Herz der Säugethiere eindringen, führen nicht selten mikroskopische Nervenknoten. Die Selbstständigkeit von diesen sollte es nun erklären, weshalb das ausgeschnittene Herz seine Thätigkeit trotz des aufgehobenen Einflusses des Gehirns und des Rückenmarkes einen oder mehrere Tage lang bewahrt.

Rhythmische Verkürzungen anderer Muskeln.

§. 1790. Obgleich die Wissenschaft die vielen räthselhaften Erscheinungen, welche die Herzbewegungen darbieten, nicht erklären kann, so besitzt sie doch wenigstens Thatsachen genug, um jene Vorstellung in den Hintergrund zu drängen. Man kann sogar nachweisen, daß die außerordentliche Kluft, welche jene Annahme zwischen den unwillkührlichen Bewegungen des Herzens und denen anderer Muskelgebilde einschaltet, in Wahrheit nicht vorhanden ist.

§. 1791. Der Wechsel von Zusammenziehung und Erschlaffung kann zunächst in den willkührlichen Rumpf- oder Gliedmaaßenmuskeln ebenfalls wiederkehren. Hat man einen Frosch enthauptet und enthäutet,

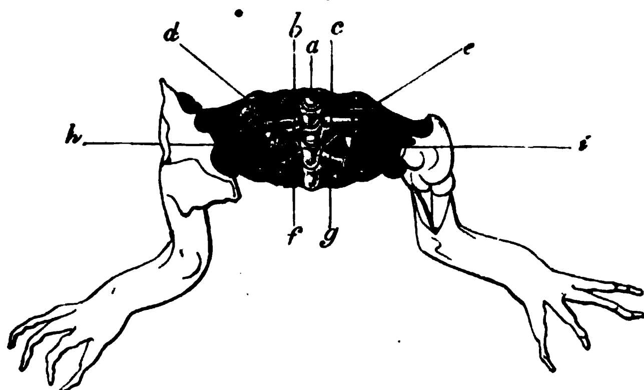
so findet man bisweilen, daß die Muskeln der Vorderbeine z. B. anhaltend fortzittern. Man hat allerdings nicht jenen regelmäßigen, berechneten Rhythmus, den der Herzschlag verräth. Die Hauptsache aber, die wiederholten Schwankungen von Verkürzung und Erschlaffung, kehren hier ebenfalls wieder. Trennt man den Hauptnerven, der die in Wechselkrämpfen begriffenen Muskelmassen versorgt, so stehen nicht selten die Zuckungen augenblicklich still, zum Beweise, daß sie nicht unmittelbar von den Verkürzungsgebilden, sondern von den beherrschenden Nervenmassen ursprünglich herrühren.

§. 1792. Das Zwerchfell der Säugethiere liefert bisweilen ähnliche Wechselerscheinungen. Diese dauern aber noch oft genug nach der Ausrottung des Stammes und der freien Aeste des Zwerchfellnerven ungestört fort. Da wir aber das Zwerchfell willkührlich zusammenziehen können und keine Ganglien in seinen Endgeflechten vorkommen, so folgt hieraus, daß die anhaltenden Zuckungen eines von unserem Willen möglicher Weise beherrschten Muskels die Nebenhilfe des centralen Nervensystems oder der Ganglienkugeln nicht nöthig haben. Wir werden übrigens noch andere Thatsachen, die das Gleiche für die Muskeln der Gliedmaaßen darthun, kennen lernen.

Beziehung der Lymphherzen zum Nervensysteme.

§. 1793. Der Vergleich der Lymphherzen (§. 550.) mit den Blutgefäßherzen kann einen Schritt weiter führen. Der Frosch besitzt ein Paar vordere Lymphherzen, *hi*, Fig. 386, von denen jedes an dem

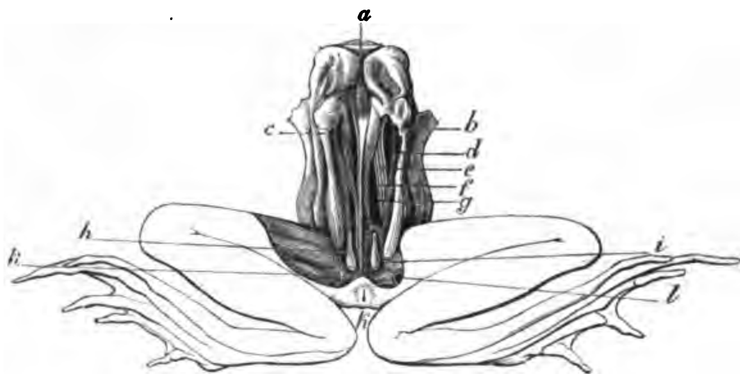
Fig. 386.



Querfortsatz des dritten Wirbels *bc* in dem Innern der Bauchhöhle liegt, und ein Paar hintere, *hi*, Fig. 387, die sich unmittelbar unter der Haut in dem Verbindungsbezirke der Oberschenkel mit dem Rumpfe befinden, und deren Schläge man schon an dem unversehrten Thiere unter passenden Lagerungsverhältnissen zu erkennen vermag. Alle vier Gebilde beziehen ihre Bewegungsfasern aus dem Rückenmarke und zwar jedes der zwei vorderen aus dem dritten und jedes der hinteren wahrscheinlich vorzugsweise aus dem zehnten Rückenmarksnerven seiner Seite (Fig. 374, S. 542.). Man war bis jetzt nicht im Stande, Ganglienkugeln

in diesen Nerven des Frosches, noch in denen der größeren hinteren Lymph-

Fig. 387.



herzen sehr langer Schlangen aufzufinden. Hat man das Rückenmark des Frosches zerstört, so können dessenungeachtet die hinteren Lymphherzen eine geraume Zeit fortklopfen. Jedes von ihnen sondert sich aber dann in mehrere Säckchen, die sich nach einander zusammenziehen. Hat man es unversehrt ausgeschnitten, so wird man unter günstigen Nebenverhältnissen wahrnehmen, daß es noch im Freien eine Zeit lang fortschlägt.

§. 1794. Vergleicht man hiermit die Erscheinungen, zu denen das Blutgefäßherz führt, so sieht man, daß es, selbst aus dem Körper herausgeschnitten, seine gewöhnliche Verkürzungsart beibehält. Die Schläge halten auch hier Stunden und selbst bis $2\frac{1}{2}$ Tage an, während sie in dem gesonderten Lymphherzen höchstens ungefähr drei Stunden in den bis jetzt bekannt gewordenen Untersuchungen fortdauerten.

§. 1795. Die Grundursache der rhythmischen Zusammenziehung setzt hiernach die Mitwirkung des centralen Nervensystems oder der Ganglienkugeln nicht nothwendig voraus. Die eben erwähnten Vorzüge, welche das Blutgefäßherz den Lymphherzen gegenüber darbietet, können möglicher Weise von den Ganglien oder von anderen Nebenbedingungen abhängen.

Einfluß örtlicher Reize auf das Herz.

§. 1796. Ein ausgeschnittenes Froschherz, das nicht mehr von selbst klopft, kann durch einen Nadelstich, der eine beschränkte Stelle anzuregen scheint, zu einer oder zu mehreren Zusammenziehungen gezwungen werden. Trifft er auch einen beliebigen Punkt der Oberfläche der Kammer, *cde*, Fig. 388, so pflegt doch die Verkürzung in der Vorkammer *ab* zu beginnen. Die Systole des Ventrikels kommt dann als Nachschlag später zum Vorschein. Man hat sich zunächst vorgestellt, daß irgend eine Einrichtung in dem Herzen vorhanden ist, mittelst deren ein Reiz, der eine beliebige Stelle zunächst erregt, so fortgeleitet, verbreitet und verarbeitet wird, daß ein regelmäßiger Schlag des gesammten Herzens herauskommt. Es wäre aber auch möglich, daß die ganze Erscheinung nur aus

Fig. 388.



den mechanischen Nebenverhältnissen hervorginge. Irgend eine Strömung einer elastisch- oder einer tropfbar flüssigen Masse, die über die Innenfläche des Herzens dahinstreicht, führt leicht zu einer Zusammenziehung, die an die Reflexbewegungen (§. 1717.) erinnert. Die Vorhöfe scheinen in dieser Hinsicht empfindlicher als die Kammern zu sein. Die Systole von diesen führt aber zu einem Schlag des Ventrikels, der mit ihnen an der Querfurche (*f*, Fig. 389.) innig verbunden ist. Der Druck, den die Nadel ausübt, kann möglicher Weise einen Luft- oder einen Blutstrom, der durch die offen bleibende venöse Mündung nach dem Vorhofe dringt, auf dem Wege der Verdrängung nach sich ziehen. Wir werden jedoch einige Thatsachen, welche der allgemeinen Anwendung dieser Vorstellungsweise entgegenstehen, später kennen lernen.

Einfluß der Querfurchengegend des Herzens

§. 1797. Hat man einen Theil der Herzspitze *e*, Fig. 389, hinweggeschnitten, so kann sich der gewöhnliche Rhythmus des Herzschlages dessenungeachtet erhalten. Die Quertheilung vermag sogar längs *cd* dahinzugehen, so daß nur noch ein schmaler Ring der Herzkammer übrig bleibt, ohne daß sich das Verhältniß wesentlich ändert. Ist dagegen der Schnitt gerade durch die Querfurche, welche die Vorkammer *ab* von der Kammer *cde* sondert, geführt worden, so steht häufig der Ventrikel still, während die Vorhöfe fortklopfen können. So nachdrücklich sich auch der Einfluß der Querfurche auf diese Weise geltend macht, so darf man doch nicht glauben, daß sie die Möglichkeit der Zusammenziehung der ganzen Kammer beherrscht. Hat man auch diese von den Vorhöfen gesondert, so kann es dessenungeachtet vorkommen, daß sie von selbst fortklopft oder zu einem vollen Schlage künstlich erregt wird. Die Empfänglichkeit scheint aber in dem letzteren Falle um so kleiner auszufallen, je mehr man sich von dem Ansatze an die Querfurche entfernt. Theilt man die Kammer der Länge nach und zwar so, daß man mit einem kleinen Schnitte an der Spitze anfängt und von da an nach der Querfurche hin fortschreitet, so können im Anfange beide Hälften, wenn auch meist mit ungleichem Rhythmus, fortschlagen. Man stößt aber später auf eine Verletzungsgröße, welche die Thätigkeit des einen oder beider Abschnitte aufhebt

Fig. 389.



§. 1798. So räthselhaft alle diese Thatsachen für jetzt erscheinen, so darf man doch schon aus ihnen schließen, daß selbst die physiologischen Verhältnisse des Blutgefäßherzens keine sichere Grundlage für die Annahme der Selbstständigkeit des sympathischen Nerven- oder des Gangliensystems darbieten. Eine Reihe anderer Erfahrungen spricht noch nachdrücklicher gegen jene Voraussetzung.

Künstlicher Stillstand des Herzens.

§. 1799. Wir haben schon §. 1753 gesehen, daß die wiederholte elektrische Reizung der Wurzeln des herumschweifenden Nerven das Herz aller Wirbelthiere für eine gewisse Zeit zur Ruhe bringt. Man hat dann eine wahre Diastole und nicht etwa einen Zustand, der mit einem systo-

lischen Starrkrampfe verglichen werden könnte. Die Spannung des Schlagaderblutes nimmt zwar dabei beträchtlich ab. Sie erhält sich aber zuletzt immer noch auf einem verhältnißmäßig nicht unbedeutenden Höhepunkte. Drückt man in diesem Augenblicke auf eine beschränkte Stelle der Kammeroberfläche, so erhält man eine rhythmische Systole, die, wie gewöhnlich, an der Vorkammer beginnt und sich später in dem Ventrikel wiederholt. Die elektrische Erregung, welche die Wurzeln oder den Stamm des herumschweifenden Nerven trifft, wirkt zunächst örtlich. Ihre Erfolge tragen sich später auf das Herz über, ungefähr wie die Reizung des Hüftnerven die Wadenmuskeln zur Verkürzung zwingt. Die Thatsache aber, daß die peripherischen Abschnitte der Bewegungsnerven leichter, als die dem Centrum näher liegenden erregt werden, kann ebenfalls zu Hilfe gezogen werden, um den oben erwähnten Einfluß der örtlichen Erregung erklären zu helfen.

§. 1800. Geht man von der Ansicht aus, daß der sympathische Nerv seine Wurzelfäden aus dem Gehirn und dem Rückenmarke bezieht, so läßt sich erwarten, daß diese ihren Einfluß auf das Herz unter günstigen Verhältnissen geltend machen werden. Man kann in der That das Herz der frisch getödteten Säugethiere nicht bloß von dem Beinerven, sondern auch von den obersten Halsnerven aus zur Thätigkeit von Neuem anregen. Schiff fand in seinen am Frosche angestellten Beobachtungen, daß der Herzschlag des Frosches verhältnißmäßig am Früheſten aufhörte, wenn er die Wurzeln des fünften Hirnnerven (*s*, Fig. 374, S. 542.), des herumschweifenden Nerven (*c*, Fig. 376, S. 551.) und des ersten Rückenmarksnerven (*g*, Fig. 374.) durchschnitten hatte. Ließ er dagegen nur einen der erwähnten Verbindungswege mit dem Gehirn oder dem Rückenmarke unversehrt, so dauert auch die Herzbewegung längere Zeit fort. Raben starben auf der Stelle, so wie die beiden herumschweifenden Nerven durchschnitten und die an den Armnerven liegenden symathischen Ganglien ausgerissen waren.

Erregung des Herzens von Cerebrospinalnerven aus.

§. 1801. Fassen wir Alles zusammen, so sehen wir, daß die aus den Centraltheilen des Nervensystemes hervorgehenden Nervenwurzeln einen unzweifelhaften Einfluß auf die Herzthätigkeit ausüben können. Die rhythmische Bewegung, die Fortdauer derselben in dem ausgeschnittenen Herzen zeugen nicht für die Selbstständigkeit der Nervenknoten und selbst nicht einmal für die Nothwendigkeit einer Mitwirkung der Ganglienkugeln. Uebertragungserscheinungen und eine eigenthümliche Anordnung der Muskelfasern (§. 597.) liegen vermuthlich allen erwähnten Verhältnissen ursprünglich zum Grunde.

§. 1802. Die Lungen beziehen ihre Zweige von dem herumschweifenden und dem sympathischen Nerven. Man kann nachweisen, daß der herumschweifende Nerv die Verkürzungserscheinungen der ihn enthaltenden Muskelfasern anzuregen vermag (§. 1749.). Es ist jedoch noch nicht gelungen, die Bestimmung der sympathischen Fasern genauer auszumitteln.

Nerven der Lungen.

Nerven der Speiseröhre.

§. 1803. Etwas Aehnliches wiederholt sich für die Speiseröhre. Die Erregung des herumschweifenden Nerven führt hier zu den lebhaftesten Verkürzungserscheinungen (§. 1746.), die des Grenzstranges des sympathischen Stammes dagegen zu gar keinen oder höchstens zu zweifelhafteren Ergebnissen.

Einfluß des Sympathicus auf die Baucheingeweide.

§. 1804. Alle in der Unterleibshöhle befindlichen Abschnitte des Nahrungskanales können sich unter dem Einflusse der entsprechenden Abtheilungen der Grenzstränge und der von ihnen ausgehenden Nervenäste lebhaft zusammenziehen. Der Brusttheil vermag hierbei auf die dünnen Gedärme und selbst auf einzelne Strecken des Dickdarmes einzuwirken. Der Lendentheil beherrscht die untersten Stücke des Nahrungskanales, den Harnleiter (*kl*, Fig. 175. S. 302.), die Harnblase (*m*, Fig. 175.), den Samenleiter (*wq*, Fig. 175.), die Samenblase (*xn*, Fig. 175.), die Falloppischen Röhren (*yz*, Fig. 137, S. 219.) und die Gebärmutter (*x*, Fig. 137.).

Fortschrittsgesetz.

§. 1805. Prüft man die einzelnen Rückenmarkswurzeln, so sieht man, daß man von ihnen aus nicht bloß die Regenbogenhaut (§. 1786.) und das Herz (§. 1788.), sondern auch die §. 1804 erwähnten Eingeweide der Bauch- und Beckenhöhle zu Verkürzungen zwingen kann. Man stößt hierbei auf das sogenannte Fortschrittsgesetz, d. h. die Rückenmarkswurzeln, die auf ein gegebenes Organ wirken, liegen nicht in gleicher Höhe mit diesem, sondern in einer gewissen Entfernung über oder unter demselben. Die bestimmenden Fasern gehen eine Strecke weit in den Knoten und den mit ihnen zusammenhängenden Stämmen und Zweigen dahin, bevor sie für ihren peripherischen Endverlauf ausstrahlen. Diese Erscheinung bildet jedoch nur ein Seitenstück zu den Verhältnissen der Cerebrospinalnerven, von denen wenigstens die meisten etwas Aehnliches darzubieten pflegen.

Beziehung der Nerven zu den vegetativen Thätigkeiten.

§. 1806. Man kennt bis jetzt die Einflüsse, die das Nervensystem auf die örtlichen Kreislaufs-, die Absonderungs- und die Ernährungsverhältnisse ausübt, in höchst unvollkommener Weise. Die wenigsten hierher gehörenden Erscheinungen kommen so beständig vor, daß man sie nach bekannten Vorbedingungen künstlich erzeugen kann. Einzelne Hypothesen geben von manchen Verhältnissen theilweise Rechenschaft. Eine durchgeführte genügende Theorie wird dagegen noch lange unmöglich bleiben. Man weiß endlich nicht, ob besondere Nervenmassen, sogenannte trophische oder Ernährungsfasern den hier zu betrachtenden Erscheinungen zum Grunde liegen.

Wirkung der Nerven auf die Haargefäße.

§. 1807. Die tägliche Erfahrung lehrt schon, daß die Gesichtsfarbe nach Gemüthseindrücken binnen Kurzem wechselt. Man stellt sich zunächst vor, daß hier die Nerven die Durchmesser der feinsten Haargefäße verändern. Die Verengerung der Gefäßröhren führt zum Erblassen und die Erweiterung derselben zur Scham- oder zur Zornesröthe. So richtig dieses auch an und für sich ist, so darf man doch nicht übersehen, daß manche tiefgreifende Reize, wie z. B. die wiederholten elektrischen Schläge (§. 663.), die Capillaren unmittelbar nicht verändern.

Jener rasche Füllungswechsel setzt daher gewisse noch unbekannte Nebenbedingungen voraus. Die Frage, ob und wie die Nerven die anhaltende Zufuhr des Blutes zu den einzelnen Körperwerkzeugen unter den gewöhnlichen Verhältnissen bestimmen, welchen Einfluß sie auf die Entzündungs- und die Ausschwitzungserscheinungen ausüben, läßt sich für jetzt nicht beantworten.

§. 1808. Die reichlichere Thränenabsonderung, die das Weinen begleitet, geht meistentheils von Nervenerregungen aus. Der Anblick oder die Erinnerung an angenehme Nahrungsmittel führt zu einer merklichen Vermehrung der Mundflüssigkeiten. Aerger erzeugt leicht Gallenergüsse. Hat man die Nerven, die sich in das Innere der Nieren begeben, unterbunden oder mitten in ihrem Verlaufe durchschnitten, so findet man häufig, daß ein blutig gefärbter und eiweißhaltiger Harn hervortritt. Geschlechtige Ausschweifungen bedingen nicht selten, daß einzelne Talgdrüsen des Gesichtes, und zwar vorzugsweise diejenigen, welche in der Nähe der Nasenflügel liegen, mehr absondern. Die Oberhaut jener Bezirke des Antlitzes pflegt sich dann auch in reichlicheren Schuppen loszustoßen. Gemüthsbewegungen ändern bisweilen die Milch einer Amme in wesentlicher Weise. Einfluß der Nerven auf die Absonderungen.

§. 1809. Da die Blutgefäße und die Mittelhaut der Drüsengänge Verkürzungsgewebe enthalten, so kann man sich vorstellen, daß die Nerven diese Bestandtheile zunächst anregen und die Porositätszustände jener Scheidewände mittelbar wechseln lassen (§. 861.). Man sieht leicht, daß diese Ansicht, die wahrscheinlich an und für sich der Wahrheit entspricht, nichts destoweniger eine nur sehr allgemein gehaltene Erklärung zu liefern vermag. Es fehlt noch zu sehr an physikalischen Beobachtungen (§. 861.), die chemische Prüfung des Blutes und der Absonderungen ist noch zu unvollständig, als daß man hier in die näheren Einzelheiten irgendwie einzugehen im Stande wäre. Die Frage, ob überdies die Nerven die ihnen entsprechenden Mischungen des Blutes, der Absonderungen und der Ernährungsflüssigkeit unmittelbar verändern, ob sie in ähnlicher Art, wie die Elektrolyse eines galvanischen Stromes (§. 239.) wirken können, ist bis jetzt nicht entschieden worden.

§. 1810. Es kommt vor, daß gelähmte Glieder nach und nach sichtlich abmagern. Diese Erscheinung wiederholt sich jedoch auch an anderen Theilen, deren Nerven gesund geblieben und die nur aus irgend einer Ursache wenig oder gar nicht gebraucht werden. Der Mangel an Uebung führt hier zur Abnahme der Muskelmassen. Man findet anderseits häufig genug, daß gelähmte Gliedmaaßen eine gewisse Rundung, vorzugsweise ihres Fettgehaltes wegen, darbieten, daß sie gar nicht oder höchstens durch ihre Hautblässe von gesunden Gebilden abzuweichen scheinen. Man würde dessenungeachtet irren, wenn man den Nervengeweben allen sichtlichen Einfluß in dieser Beziehung absprechen wollte. Ernährungseinflüsse der Nerven.

Aufhebung des Widerstandes der Gewebe nach Nervendurchschneidungen.

§. 1811. Hat man den Hüftnerven eines Kaninchens oder eines Hundes durchschnitten, so läuft sich das Thier nach einiger Zeit an der gelähmten Ferse wund auf. Die oberflächlichen Hautgebilde eines größeren oder kleineren Bezirkes verwandeln sich nach und nach in einen Schorf, unter dem ein Geschwür immer tiefer fortwuchert. Dieses kann selbst bis zu den Knochen vordringen und Beinfraß zur Folge haben. Die Stellen aber, welche auf diese Weise durchgreifend entarten, müssen die Körperlast bei dem Stehen oder Gehen vorzugsweise tragen. Der ungewöhnliche Druck, dem sie so häufig ausgesetzt werden, führt zu den eben geschilderten Veränderungen. Die übrigen Theile des Beines dagegen pflegen ihre frühere Beschaffenheit mit einzelnen bald zu erwähnenden Ausnahmen beizubehalten. Wir sehen hieraus zunächst, daß die Unthätigkeit der Nerven das gewöhnliche Widerstandsvermögen der gesunden Gewebtheile aufhebt. Einwirkungen, die keine Störungen unter regelrechten Verhältnissen herbeiführen, verletzen die Bestandtheile des gelähmten Gliedes in durchgreifender Weise.

§. 1812. Aehnliche Erscheinungen kehren in dem Menschen wieder. Hat man ein Stück des Hüftnerven einer Nervengeschwulst halber ausgeschnitten, so verkrümmt sich der Endtheil des kranken Beines nach und nach klumpfußartig. Krusten, Geschwüre und selbst Knochenfraß greifen später an den Druckstellen ebenfalls durch. Der gelähmte Fuß wird in der Kälte auffallend blau, er bekommt Frostbeulen bei den geringsten Veranlassungen, zum Beweise, daß das Widerstandsvermögen gegen Temperatureinflüsse eben so gut, als das gegen mechanische Einwirkungen gelitten hat. Wenn sich Gelähmte, Wassersüchtige oder Kranke überhaupt, deren Lebensenergie gesunken ist, an den Fersen oder dem Gesäße aufliegen, so läßt sich dieses offenbar auf ähnliche Beziehungen zurückführen. Die elektrischen Schläge, welche die Nerven stärken (§. 252.), können auch mit Erfolg zur Heilung benutzt werden.

Verhalten der motorischen Nerven zu den Ernährungserscheinungen.

§. 1813. Einzelne Erscheinungen können andeuten, daß diese Veränderungen nicht von den Nervenfasern, welche die willkührlichen Bewegungen beherrschen, abhängen. Wir haben §. 1731 gesehen, daß die größere Ursprungsabtheilung des dreigetheilten Nerven (*v*, Fig. 359, S. 514.) keine Fasern der Art einschließt und deshalb nur die Empfindlichkeit der Gesichtshaut, nicht aber die Beweglichkeit der Antlitzmuskeln beherrscht. Hat man aber jene Nerven in einem Kaninchen durchschnitten, so ereignet es sich dessenungeachtet häufig genug, daß sich Krusten an denjenigen Theilen der Lippen, die an andere feste Körper bei der Nahrungsaufnahme angedrückt werden, nach und nach ausbilden. Man darf daher schließen, daß hier nur sensible oder reine Ernährungsnerven jene Veränderungen herbeiführen.

Veränderungen der Gewebe nach Nervendurchschneidungen.

§. 1814. Die Oberhaut des Fußes pflegt sich nach der Trennung des Hüftnerven reichlicher loszustoßen. Die Oberfläche der Hand oder des Fußes eines halbseitig gelähmten Menschen bietet nicht selten eine auffallende Glätte dar. Die übrigen Horngewebe liefern eben-

falls manche auffallende Veränderungen. Die Nägel scheinen oft stärker und unregelmäßiger zu wachsen. Kaninchen, deren dreigetheilter Nerv durchschnitten worden, verlieren allmählig ihre Tasthaare an der entsprechenden Seitenhälfte des Gesichtes. Das gelähmte Bein von Hunden, deren Hüftnerv getrennt ist, zeigt häufig größere kahle Stellen. Glieder von Menschen, die seit Jahren und vorzüglich von frühem Kindesalter her gelähmt waren, enthalten verhältnißmäßig mehr Fett, als Muskelmasse. Die Muskelfasern selbst sind in der Regel blasser und mürber. Die Verkürzungsgebilde magern zwar rascher und auffallender ab. Die übrigen Weichtheile und die Knochen verkleinern sich aber ebenfalls im Laufe längerer Zeiträume.

Einfluß der Außenverhältnisse nach Nervendurchschneidungen.

§. 1815. Hat man den Hüftnerven im Frosche durchschnitten, so kann man ziemlich deutlich bemerken, wie sehr die Folgeerscheinungen mit den Außenverhältnissen abweichen. Wird das Thier in Wasser aufbewahrt, so ereignet es sich nicht selten, daß die gelähmte Extremität beträchtlich anschwillt. Es sammelt sich eine auffallende Menge von Flüssigkeit in den sogenannten Lymphräumen, d. h. in den Zwischenräumen, die zwischen der Haut und einem großen Theile der Muskeln vorkommen. Hält man dagegen den Frosch in feuchtem Moose und auf trockenerem Boden überhaupt, so kann jene Veränderung gänzlich ausbleiben oder wenigstens bei Weitem geringer ausfallen. Der Erguß rührt daher nicht größtentheils von einer Ausschwitzung der Blutflüssigkeit her. Es dringt vielmehr Wasser durch die gelähmten Hautdecken von außen her ein. Die Veränderung des Porositätszustandes dieser Scheidewände kann als eine der Hauptursachen jener Ansammlung betrachtet werden.

§. 1816. Die Abmagerung, die Geschwüre, die am Fuße und selbst an den Knieen entstehen, das Abfallen einzelner Zehen, die Losstoßung der Oberhaut in größeren zusammenhängenden Bruchstücken kommen zwar in dem gelähmten Gliede häufig genug vor. Man kann aber nicht voraussagen, wie sich die Erscheinungen in dieser Beziehung gestalten werden. Es ereignet sich überdies, daß ähnliche Veränderungen in Fröschen, die in einem engen Behälter, in unreinlichem Wasser oder sonst unter regelwidrigen Bedingungen aufbewahrt werden, ohne weitere Nervenverletzungen wiederkehren.

Heilungsprocesse nach Nervenlähmungen.

§. 1817. Geschwüre und Knochenbrüche können in gelähmten Gliedern eben so gut als in gesunden heilen. Die Eiterbildung (§. 1056.), die Entwickelung der Granulationen (§. 1054.) und die Erzeugung der Callusmasse (§. 1070.) sind daher an und für sich von den Nerven eben so unabhängig, als die erste Gestaltung der einzelnen Gewebtheile in dem Embryo oder dem erwachsenen Geschöpfe.

Wärme gelähmter Theile.

§. 1818. Die Wärmeverhältnisse führten bis jetzt nur zu schwankenden und nicht sehr belehrenden Ergebnissen. Eine gelähmte Hautoberfläche fühlt sich zwar in der Regel kühl an. Das Thermometer zeigt aber eine Erniedrigung der Hautwärme in einzelnen und eine Er=

höhung derselben in anderen Fällen. Die thermomagnetischen Untersuchungen lieferten ebenfalls keine beständige Abweichungen, aus denen sicherere Schlüsse gezogen werden könnten.

Wärmeveränderung nach der Trennung der Vagi.

§. 1819. Der bedeutende Einfluß, den die Athmung auf den Verbrennungsproceß und deshalb auch auf die thierische Wärme ausübt (§. 1177.), verräth sich bisweilen ebenfalls nach einzelnen Nervendurchschneidungen. Ein Vogel, dessen herumschweifende Nerven getrennt worden, kann daher eine niederere Eigenwärme im Anfange und eine höhere kurz vor seinem Lebensende darbieten.

Rascher Wärmewechsel der Haut.

§. 1820. Die rasche Wärmeabnahme der Haut, die wir z. B. bei Uebelkeiten oder in der Ohnmacht antreffen, hängt von den Einflüssen der Nerven ursprünglich ab. Diese verengern wahrscheinlich zunächst die Haargefäße der Haut, so daß weniger Blut durchströmt. Man kann jedoch nicht die Erscheinung aus diesem einen Umstande vollständig erklären. Da nun die Athmungsthätigkeit nicht in dem Maaße zu wechseln braucht, daß sie die Abkühlung vorzugsweise bedingt, so dürfte hierin ein Fingerzeig liegen, daß vielleicht die Nerven selbst auf eine unmittelbare Weise, wie sie freilich die gegenwärtige Physik nicht im Entferntesten andeuten kann, in manchen Fällen eingreifen.

Beziehungslosigkeit der Sinnesnerven zu den Ernährungserscheinungen.

§. 1821. Die Unthätigkeit des Geruchsnerven, des Sehnerven, des Hörnerven oder des Zungenfleischnerven führt nicht nothwendiger Weise zu Ernährungsstörungen der entsprechenden Sinneswerkzeuge. Es ereignet sich zwar häufig genug, daß sich die Hornhaut und die Krystalllinse eines Auges, das seit Jahren amaurotisch war, d. h. an Netzhautlähmung litt, späterhin trübt. Diese Entartung hängt jedoch von nachfolgenden Entzündungserscheinungen, nicht aber von der Unthätigkeit der Sehnervenfasern unmittelbar ab.

Ernährungszustände nach der Lähmung motorischer Hirnnerven.

§. 1822. Die Trennung des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven, des Rollmuskelnerven, des äußeren Augenmuskelnerven oder des Antlitznerven erzeugt keine augenblicklichen Ernährungsabweichungen in den ihnen entsprechenden Muskelgebilden. Diese magern höchstens mit der Zeit, gleich anderen unthätigen Verkürzungsmassen, ab (§. 1810.). Aehnliche Erscheinungen können sich auch nach der Lähmung des Zungenfleischnerven wiederholen. Die Zungenoberfläche besitzt daher später Falten, die unter regelmäßigen Verhältnissen nicht vorhanden sind. Da das Thier die Lage seiner Zunge nicht unmittelbar ändern kann, so ereignet es sich oft genug, daß es sie mit den Zähnen verletzt. Geschwüre und Schorfe kommen aus diesem Grunde häufig zum Vorschein.

Ernährungsstörungen nach der Trennung des dreigetheilten Nerven.

§. 1823. Der dreigetheilte und der herumschweifende Nerv, von denen jeder eine beträchtliche Zahl von Empfindungsfasern einschließt (§§. 1731 u. 1746.), führen zu anderen Erscheinungen. Hat man den dreigetheilten Nerven eines Kaninchens im Innern der Schädelhöhle durchschnitten, so verkleinert sich sogleich das Sehloch des entsprechenden Auges. Die Blutgefäße füllen sich binnen Kurzem stärker an. Es vermehrt sich die Schleimabsonderung der Bindehaut. Eine reichliche Eite-

rung, welche an die Zeichen der ägyptischen, der syphilitischen Augenentzündung oder der der Neugeborenen erinnert, folgt später nach. Man findet dann, daß die Regenbogenhaut ebenfalls mit Blut überfüllt ist und Ausschwitzungen den Bindehautsack, die vordere Augenkammer und das Sehloch mehr oder minder anfüllen. Ein trichterförmiges Geschwür frißt sich in der Mitte der Hornhaut, die sich in ihrer übrigen Masse größtentheils trübt, tief ein. Der Zerstörungsproceß kann von nun an allmählig rückgängig werden. Die Eiterung vermindert sich in diesem Falle nach und nach. Es bleiben aber die Hornhauttrübungen und die Ausschwitzungen in der vorderen Augenkammer und dem Sehloche für immer zurück, so daß das Gesichtsvermögen verloren ist. Das Auge von Hunden oder Katzen, deren dreigetheilter Nerv getrennt worden, oder von Menschen, in denen er seinen Einfluß krankhafter Weise verloren hat, berstet nicht selten in Folge der Eiterung und der Geschwürsbildung. Die weicheren Innentheile, wie die wässerige Feuchtigkeit, die Krystalllinse und der Glaskörper, entleeren sich dann. Das Ganze geht zuletzt in einen unförmlichen Stumpf über. Ist dieser Sturm überstanden, so hört die Eiterbildung nach und nach ebenfalls auf.

§. 1824. Manche Forscher glaubten gefunden zu haben, daß diese Ernährungsstörungen des Auges nur dann, wenn der dreigetheilte Nerv hinter dem Gasser'schen Knoten (x, Fig. 359, S 514.) durchschnitten wurde, durchgreifen können. Man schloß daher hieraus, daß die beträchtlichen Veränderungen der Bestandtheile des Gesichtsorganes von dem Einflusse jenes Ganglions oder der aus ihm angeblich entspringenden sympathischen Fasern (§. 1766.) herrühren. Man kann sich aber im Albinokaninchen (§. 1028.) überzeugen, daß die Blutüberfüllung schon binnen Kurzem durchgreift, wenn selbst die Verletzung zwischen dem Gasser'schen Knoten und dem Gehirn Statt gefunden hat und nicht einmal der ganze Nervenstamm getroffen worden ist. Man hat daher hier keinen sicheren Beweis für die Nothwendigkeit der Mitwirkung der Gangliengewebe.

§. 1825. Ist das Auge nicht ausgelaufen, so findet man in der Leichenöffnung, z. B. der Kaninchen, daß nur die vordere Hälfte des Augapfels ergriffen war. Während die Hornhaut getrübt, die vordere Augenkammer und zum Theil die Pupille mit Ausschwitzungen gefüllt sind, und einzelne Exsudatbänder höchstens bis zur Linsenkapsel hinübergehen, zeigen die Hauptmassen der Linse, des Glaskörpers, der harten Haut, der Aderhaut und der Netzhaut keine Krankheitserscheinungen der Art. Da nun der Sturm von der frei liegenden zarten Bindehaut ausgeht, so frägt es sich, ob nicht hier wiederum das aufgehobene Widerstandsvermögen der Gewebe (§. 1811.) den ersten Anstoß liefert und die späteren Erscheinungen bloße Folgen dieser ursprünglichen Störung darstellen.

Lungenentzündung nach der Trennung des herumschweifenden Nerven.

§. 1826. Wir haben schon §. 1751 gesehen, daß die der Trennung des herumschweifenden Nerven nachfolgende Lungenentzündung auf zweierlei Weise erklärt wurde. Die Einen sahen in ihr die einfache Folge einer chemischen Reizung, welche die Fehler der Mechanik der Schling-

bewegungen möglich machten. Die Andern dagegen betrachteten sie als eine unmittelbare Wirkung der Nervenlähmung, wie man sie auch in anderen Körperwerkzeugen, freilich mit abweichenden Folgeerscheinungen, wahrnimmt. Bedenkt man, daß die zarten Lungengewebe dem Einflusse der Einathmungsluft fortwährend ausgesetzt sind, daß dieser Umstand einen großen Theil der Menschheit an Lungenschwindsucht untergehen läßt, so könnte man hier wiederum annehmen, daß die Nervenlähmung das nöthige Widerstandsvermögen den Athmungswerkzeugen genommen hat. Sollte der Magensaft seine saure Beschaffenheit nach der Lähmung der Vagi wahrhaft verlieren (§. 1756.), so ließe sich dieses mit der veränderten Porosität der Gefäßwände und der Begrenzungen der Drüsengänge in Beziehung bringen (§. 861.).

Mangel der Lungenentartung nach Lähmung der Beinerven.

§. 1827. Hat man den äußeren Ast des Beinerven (§. 1758.) jederseits ausgerissen, ohne daß die herumschweifenden Nerven tiefer verletzt wurden, so können die Kaninchen und die Katzen die längste Zeit fortleben. Die Lungenentartung kommt dann nicht zu Stande. Wir sehen hier wiederum, daß der vorherrschend empfindliche und nicht der größtentheils bewegliche Nerv (§. 1813.) die Ernährungsstörungen vor Allem herbeiführt.

Ernährungseinflüsse des Sympathicus.

§ 1828. Obgleich man den sympathischen Nerven als den vorzüglichsten Ernährungsnerven des Körpers seiner Verbreitung wegen betrachtet hat, so ist es doch bis jetzt noch nicht gelungen, eine Reihe eigenthümlicher und besonders auffallender, hierher gehörender Erscheinungen an diesem Theile des peripherischen Nervensystems auf dem Versuchswege nachzuweisen. Hat man den obersten Halsknoten des Grenzstranges ausgerottet, so findet man zwar nach einiger Zeit, daß sich die Bindehaut des entsprechenden Auges entzündet, das dritte Augenlid weiter vortritt und eine vermehrte Schleim- oder Thränenabsonderung durchgreift. Die Ernährungsstörungen können aber nicht den entferntesten Vergleich mit denen, welche die Lähmung des dreigetheilten Nerven nach sich zieht (§. 1823.), aushalten. Sind die beiden obersten Brustknoten in einem Kaninchen entfernt worden, so bemerkt man später nach Schiff und Bernard, daß sich die Blutgefäße des Herzbeutels beträchtlicher füllen und Ausschwitzungen das Herz selbst umgeben. Wir haben schon §. 1808 gesehen, daß die Unthätigkeit der Nierennerven die Beschaffenheit des Harnes verändern kann. Rottet man die Endabschnitte der Grenzstränge des Sympathicus im Frosche aus, so erhält man nicht selten Ergüsse in der Bauchhöhle oder den Unterleibseingeweiden und Zeichen von Blutüberfüllung in den verschiedenen dort befindlichen Organtheilen. Die Folgeerscheinungen wechseln aber von einem Thiere zum andern so sehr, daß man keine sicheren Einzelschlüsse für jetzt aufzustellen im Stande ist. Die Trennung der Ruthennerven, die übrigens aus dem Gehirn und dem Rückenmarke zu einem großen Theile unmittelbar hervorgehen, bedingt nach Günther im Pferde, daß sich die cavernösen Körper des männlichen Gliedes mit Blut in ungewöhnlichem Maaße füllen und die

Empfindlichkeit der entsprechenden Hautüberzüge fast gänzlich verloren geht.

§. 1829. Man muß zugeben, daß die meisten Abschnitte des Gangliensystems so versteckt liegen, daß man sie nicht ohne erhebliche Nebenverletzungen in dem lebenden Thiere erreichen kann. Manche Versuche mißglücken schon, weil der Tod der nöthigen Eingriffe wegen binnen Kurzem nachfolgt. Andere liefern eine Mischung späterer Entzündungserscheinungen und der Einflüsse, welche die Nervendurchschneidung selbst ausübt. Die Veränderungen, die sich nach der Ausschneidung des hintersten Theiles des Sympathicus des Frosches und der Abtödtung der Nierennerven der Säugethiere einfinden, gehören z. B. in die Reihe dieser zweideutigen Ergebnisse. So sehr aber auch alle jene Thatsachen die sparsame Zahl von Beobachtungen, die man hier bis jetzt besitzt, entschuldigen können, so darf man doch nicht übersehen, daß bisweilen alle gröberen Ernährungsstörungen nach Ausrottung eines nicht sehr kleinen Bezirkes des sympathischen Nerven ausbleiben. Hat man auch den ganzen Halsstamm desselben entfernt, so bemerkt man dessenungeachtet keine tieferen Veränderungen in den Gewebtheilen der Anfangsstücke des Nahrungscanales und der Athmungswerkzeuge. Die schon §. 865 angeführte Ueberpflanzung des Hodens lehrt ebenfalls, daß die Unthätigkeit der entsprechenden Nerven die Bereitung einer mit beweglichen Samenthierchen (§. 1215.) versehenen Samenmasse nicht unmöglich macht. Man kann ganze Stücke der Eileiter ausschneiden, ohne daß wesentlich andere, als die gewöhnlichen, aus der Verletzung erklärbaren Entzündungs- und Ausschwitzungserscheinungen auftreten. Die zahlreichen Nervenmassen der Gefäße, der Drüsen, der übrigen Absonderungswerkzeuge und vieler anderen Theile, in denen die Empfindlichkeit und selbst die Beweglichkeit in den Hintergrund treten, deuten mit Bestimmtheit an, daß hier gewisse eigenthümliche Einrichtungen, welche die Hilfe der Nervengewebe nöthig haben, vorhanden sein müssen. Diese beziehen sich aber auf feinere Verhältnisse, welche die Wissenschaft noch nicht im Entferntesten andeuten kann und die wahrscheinlich noch lange allen Bemühungen der Naturforschung spotten werden.

Feinere Veränderungen der Nervenfasern.

§. 1830. Man hat bis jetzt die inneren Veränderungen, welche die Thätigkeiten der peripherischen Nerven begleiten, an den bewegenden Fasern (§. 1705.) vorzugsweise zu erforschen gesucht. Die nachfolgende Muskelverkürzung gewährt den wesentlichen Vortheil, daß manche zartere Versuche leichter und sicherer angestellt und einzelne Eigenthümlichkeiten schärfer dargelegt werden können.

Fortpflanzung der örtlichen Erregung.

§. 1831. Es wurde schon §. 1237 angeführt, daß ein örtlicher Reiz, der einen Punkt *e*, Fig. 390 (s. f. S.), des Hüftnerven *a b* eines Froschpräparates (§. 1237.) trifft, die Wadenmuskeln *c* zur Zusammenziehung zwingt. Eine gewisse Molecularveränderung schreitet dann von *e* bis zu den in *c* vorhandenen Nervenenden fort. Sie leitet zuletzt

jenen Wechsel der physikalischen Eigenschaften, den wir die Verkürzung nennen, in der Muskelmasse ein. Da aber die Zusammenziehung nach den verschiedensten örtlichen Erregungen der Nerven, nach mechanischen, thermischen, elektrischen oder chemischen Reizen zum Vorschein kommt, so ergiebt sich, daß das Nervenmark die eigenthümliche Fähigkeit besitzen muß, eine entsprechende Veränderung, die einen einzelnen beschränkten Punkt trifft, bis zu seinem Endverlaufe von Stelle zu Stelle mitzutheilen.

Fig. 390.



Nothwendigkeit der natürlichen Continuität.

§. 1832. Ist der Bezirk *d*, Fig. 390, des Hüftnerven durchschnitten, unterbunden oder sonst zerstört worden, so kann kein Reiz, der auf *e* wirkt, *c* zur Verkürzung bringen. Hat man auch die in *e* befindlichen Schnittflächen noch so genau zusammengelegt, so wird hierdurch der Nachtheil für *e* doch nicht aufgehoben. Die Fortpflanzung des physikalischen Wechsels des Nervenmarkes setzt daher voraus, daß die Molecüle ihre natürliche Lage und Beschaffenheit darbieten.

Gesonderte Leitung.

§. 1833. Halten wir dieses fest, so läßt sich die gewöhnliche gesonderte Leitung der Nervenfasern (§. 1710.) leicht erklären. Liegen diese auch in einem Nervenzweige noch so dicht beisammen (Taf. V. Fig. LXVIII. u. LXIX.), so werden doch die Markmassen derselben, mittelst der Hüllengebilde wechselseitig abgeschlossen. Die Veränderung, die in einem bestimmten Punkt *e* der Faser angeregt wird, kann sich in dieser allseitig, d. h. sowohl der Länge, als auch der Quere nach fortpflanzen. Die Längenverbreitung wird bei der fadenartigen Form der Primitivfaser vor Allem in den Vordergrund treten. Da sich aber die Markmolecüle zweier benachbarter Fasern nicht berühren, so ist auch die Mittheilung für die gewöhnlichen Fälle unmöglich gemacht. Die Ausnahmen hiervon werden uns später ausführlich beschäftigen.

Nervenprincip und Elektricität.

§. 1834. Man hat häufig vermuthet, daß das Nervenprincip oder das Nervenagens, d. h. diejenige Kraft, auf welcher die Nerventhätigkeit beruht, nichts weiter, als Elektricität sei. Die §. 1831 angeführte Thatsache kann wenigstens nachweisen, daß es sich hier um keine gewöhnliche Fortbewegung eines galvanischen Stromes handelt. Dieser müßte die feuchten an einander gelegten thierischen Theile durchbrechen können. Die gesonderte Leitung der Fasern (§. 1710.) ließe sich schwerer begreifen. Führte der in *e* wirkende Reiz zu einer Störung des elektrischen Gleichgewichts, die sich durch *e d b* wie durch einen Leitungsdrath einer galvanischen Kette (§. 216.) weiter verbreitete, so ließe sich erwarten, daß die in *d* vorgenommene Trennung kein unüberwindliches Hinderniß der mechanischen Erregung von *e* entgegensetzen würde.

§. 1835. Die elektrischen Beziehungen liefern hier die feinsten bis jetzt bekannten Prüfungsmittel. Das Galvanometer (§. 220.) verräth Molecularveränderungen, die das Auge, selbst unter den stärksten Vergrößerungen, nicht erkennen würde. Der Gebrauch der elektrischen Ströme zeigt Zustände an, von denen kein anderes Versuchsverfahren Rechenschaft giebt. Die galvanische Reizung macht es zugleich möglich, den Wechsel der elektrischen Veränderungen, der in den entfernteren Nervenstrecken durchgreift, leichter als die übrigen Reizmittel darzulegen. Elektrische Prüfung.

§. 1836. Wir wollen uns vorstellen, *a d*, Fig. 391, sei ein befeuchteter Zwirnsfaden, ein nasser Baumwollendocht, ein frischer Blatt- oder Blüthenstengel. Hat man *a* und *b* mit den beiden Polen eines Galvanometers (x und u, Fig. 49, S. 80.) und *c* und *d* mit denen einer galvanischen Kette (u und s, Fig. 60, S. 84.) verbunden, so geht der Strom auf kürzestem Wege durch *c d*, ohne daß eine Veränderung in *a b* eingreift. Die Galvanometernadel bleibt daher ruhig, während *c d* von dem elektrischen Strome durchflossen wird. Die frischen Nerven führen dagegen in dieser Hinsicht zu anderen Ergebnissen. Elektrotonus der Nerven.

Fig. 391.



Gesetzt, *a*, Fig. 391, sei das dem Hirn oder dem Rückenmarke entsprechende oder das centrale und *d* das peripherische Ende des Nervenstammes, so geht ein centraler Strom von *d* nach *a* und ein peripherischer von *a* nach *d* dahin (§. 228.). Hat man die beiden Galvanometerpole mit *a* und *b* zusammengebracht, so liefert die Magnetnadel einen Ausschlag, der von der chemischen Verschiedenheit der Berührungspunkte, dem ursprünglichen Nervenstrome (§. 225.) oder beiden zugleich herrührt. Er kann daher central oder peripherisch nach Maaßgabe der Nebenverhältnisse ausfallen. Wartet man, bis die Nadel zur Ruhe gekommen ist, und bringt dann *c* und *d* mit den Polen der galvanischen Kette zusammen, so wird die Nadel von Neuem abgelenkt. Die Art der Abweichung deutet immer an, daß ein Strom, der mit dem von *c d* gleichläufig ist, in *a b* erzeugt wird. Hat das Galvanometer den Nervenstrom allein früherhin angezeigt, so vergrößert sich der Ausschlag in diesem Sinne, wenn der erregende Strom in einer übereinstimmenden Richtung fortschreitet. Er wird in dem entgegengesetzten Falle verkleinert oder gänzlich überwunden. Die Magnetnadel schwingt übrigens in allen diesen Versuchen im ersten Augenblicke am Lebhaftesten. Sie geht später allmählich zurück, pflegt aber zuletzt auf einem Punkte, welcher die Richtung des erregenden Stromes immer noch anzeigt, stehen zu bleiben. Wird die Kettenverbindung aufgehoben, so schwingt die Nadel lebhaft zurück, um später auf einem anderen Orte stehen zu bleiben.

§. 1837. Der elektrische Strom, der *c d* erregt, spannt, polarisirt (§. 240.) oder verändert die übrigen Molecüle des Nervenmarkes in einem seinen eigenen Verhältnissen entsprechenden Sinne. Wir haben jetzt das Fig. 392 (s. folg. Seite) dargestellte Schema statt des Fig. 55

S. 83 gelieferten Bildes der elektrischen Eigenschaften der Nervenmolecüle. Die anhaltende Verrückung der kleinsten Theilchen erinnert gewissermaaßen an die dauernde Drehung der Polarisationsebene, welche kräftige Inductionsströme herbeiführen (§. 256.). Du Bois nannte daher diese von ihm zuerst genauer erforschte Erscheinung den elektrotonischen Zustand der Nervenfasern.

Fig. 392.

Elektrotonus der Muskeln.

§. 1838. Die übrigen Gewebe des Frosches bieten gar keinen oder wenigstens einen geringeren Elektrotonus als die Nerven dar. Muskelstreifen führen zwar ebenfalls zu positiven Ergebnissen. Diese fallen jedoch unter sonst gleichen Verhältnissen schwächer aus. Man kann sich mit Recht fragen, ob die Erfolge von den Muskelfasern oder von den zwischen ihnen verlaufenden Nervenfasern herrühren. Die Thatsache, daß andere mit Nerven versehene Gebilde den Muskelmassen in dieser Beziehung nachstehen, dürfte eher zu Gunsten der eigenthümlichen Substanz der Verkürzungsgewebe entscheiden können.

Einzelverhältnisse des Elektrotonus der Nerven.

§. 1839. Der elektrotonische Zustand der Nerven bildet zunächst eine Folge der schon §. 1831 angeführten Eigenschaft des Nervenmarkes, die Veränderung von Molecül zu Molecül weiter fortzupflanzen. Die Trennung, die Unterbindung, jede örtliche thermische oder chemische Zerstörung heben daher die Fortpflanzung auf. Die säulenartige Polarisation (Fig. 392.) kämpft dabei gleichsam mit der ursprünglichen peripolaren Anordnung (Fig. 55, S. 83, §. 223.).

§. 1840. Geht der erregende Strom in der Längsrichtung, *ad*, Fig. 393, dahin, so hat man günstigere Bedingungen, als wenn er den Nerven quer durchsetzt. Die Verlängerung der Erregungsstelle *cd* und die Annäherung des abgeleiteten Abschnittes *ab* an den von dem galvanischen Strome durchflossenen *cd* begünstigen ebenfalls die Bewegung der Magnetnadel. Die elektrotonische Wirkung sinkt daher mit dem Abstande von dem Erregungsbezirke. Es verräth sich ein gewisser Fortpflanzungswiderstand des Nervenmarkes in dieser von Atom zu Atom fortschreitenden Molecularveränderung. Wir werden später sehen, daß etwas Aehnliches für die Lebensthätigkeiten der Nerven wiederkehrt.

Fig. 393.

§. 1841. Die feinere Beschaffenheit der Nervenfasern bestimmt bisweilen die Ergebnisse in auffallender Weise. Die blaßweißen Nerven schlecht ernährter und abgematteter Frösche geben unter sonst gleichen Verhältnissen einen geringeren ersten Ausschlag der Magnetnadel. Der Versuch versagt sogar häufig mit schwächeren Ketten oder unter anderen ungünstigeren Nebenbedingungen. Verfolgt man die Erscheinungen an dem getödteten Frosche tagtäglich, so findet man, daß die Fähigkeit, in den elektrotonischen Zustand zu verfallen, länger als das Verkürzungsvermögen anhält. Sie kann daher noch in dem faulenden Thiere zum

Vorschein kommen. Sie geht aber bei einem gewissen Zersetzungsgrade des Nervenmarkes für immer verloren.

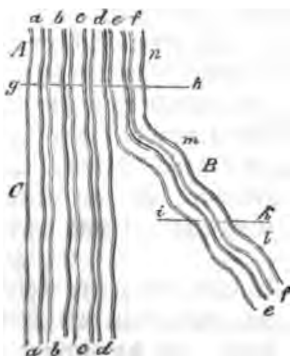
§. 1842. Man kann schon aus diesen Thatsachen schließen, daß die elektrotonische Wirkung der Nerven mit demjenigen Vorgange, von welchem die Anregung der Empfindung oder der Bewegung abhängt, nicht gänzlich zusammenfällt. Bedenkt man nun, daß sie während des Geschlossenseins einer selbst schwächeren galvanischen Kette fortdauert, so hat man einen anderen Hauptunterschied, der beide Arten von Erscheinungen wesentlich trennt (§. 233.). Bedeutung des Elektrotonus.

§. 1843. Die säulenartige Polarisation entfernter Nervenstücke, die der Elektrotonus erzeugt, die Veränderungen der elektrischen Zustände, welche auf diesem Wege im Anfange und am Ende eintreten (§. 233.), können sich auch in einzelnen physiologischen Versuchen geltend machen. Die von dem Nerven ausgehende secundäre Zuckung (§. 1287.) und die von Du Bois sogenannte paradoxe Zusammenziehung lassen sich nach diesem Forscher aus jenen Verhältnissen herleiten. Physiologische Folgen des Elektrotonus.

§. 1844. Wir haben §. 1287 gesehen, daß ein zweites Froschpräparat, dessen Nerv auf den Muskeln eines ersten liegt, zu zucken anfängt, so wie die Verkürzungsgebilde des letzteren von ihrem Nerven aus, vorzüglich auf galvanischem Wege, in Thätigkeit versetzt werden. Man kann aber auch das erregende Froschpräparat oder die Muskeln desselben durch ein Nervenstück ersetzen. Man legt nämlich den Nerven des zweiten Froschpräparates an den Längen- und den Querschnitt des Nerven oder an jenem allein an, und verbindet dann eine gewisse von dem Berührungspunkte entfernt liegende Strecke des Letzteren mit einer starken galvanischen Säule. Der Eintritt oder das Aufhören des elektrotonischen Zustandes führt hierbei zu einer secundären Zuckung des Froschpräparates. Ist die erregte Stelle von der ableitenden zu weit entfernt, so stellt man bisweilen den Versuch fruchtlos an (§. 1840.). Secundäre Zuckung vom Nerven aus.

§. 1845. Die paradoxe Zuckung beruht nur auf einer Nebenwirkung der gleichen Grunderscheinung. Reizt man einen bewegenden oder einen gemischten Nervenast *B*, Fig. 394, in der Höhe, *ik*, oder an einer anderen Stelle seines Verlaufes mit mechanischen, thermischen oder chemischen Mitteln, oder einem schwachen galvanischen Strome, so ziehen sich bloß diejenigen Muskeln, die *B* bei seiner ferneren peripherischen Verbreitung versorgt, die jenseit *ef* liegen, zusammen (§. 1712.). Wird hingegegen eine Strecke von *B* dem Einflusse einer stärkeren galvanischen Kette ausgesetzt, so daß *n* in den elektrotonischen Zustand verfällt, so können sich alle Muskeln, die von *A* beherrscht werden, mithin auch die, welche dem Stamme *C* gehorchen, mit Nachdruck verkürzen. Die- Paradoxe Zuckung.

Fig. 394.



ser Erfolg geht zunächst daraus hervor, daß der Elektrotonus nicht bloß in der Richtung der lebenden Leitung der Primitivfasern, d. h. centripetal in den Empfindungs- und centrifugal in den Bewegungsfasern (§. 1707.), sondern auch nach beiden Seiten hin durchgreift (§. 1836.). Die in *n* einfallende säulenartige Polarisation regt dann auch *abcd* auf secundärem Wege an. Eine größere Nähe der erregten Strecke führt hier wiederum leichter zum Ziele. Es ergiebt sich übrigens von selbst, daß solche paradoxe Zuckungen, die stärkere elektrische Ströme herbeiführen, den Hauptversuch, mittelst dessen der Bell'sche Lehrsatz nachgewiesen wird (§. 1720.), vereiteln können. Man darf daher nur schwache galvanische Erregungen zu diesem Zwecke benutzen.

Negative Stromesschwankung des thätigen Nerven.

§. 1846. Es wurde schon §. 226 angeführt, daß sich die elektromotorischen Eigenschaften der Molecüle eines frischen Nervenstammes ähnlich wie die der Muskelfasern verhalten. Die Längenfläche erscheint daher positiv dem Querschnitt gegenüber. Wie aber eine negative Stromesschwankung die Muskelverkürzung begleitet (§. 1286), so kehrt etwas Aehnliches in den thätigen Nervenstämmen nach Du Bois wieder.

§. 1847. Die elektrische Reizung liefert hier wiederum glücklichere Ergebnisse, als die übrigen Reizmittel. Eine Inductionsvorrichtung, welche das Nervenstück tetanisiren, d. h. anhaltend erregen kann, und ein feineres Galvanometer, wie man es gewöhnlich zu haben pflegt, reichen dann zum Nachweis der negativen Stromesschwankung bei passender Einrichtung des Ganzen hin. Will man dagegen die Abnahme des Nervenstromes in dem Augenblicke, in welchem andere Reizmittel eingreifen, wahrnehmen, so führen die Galvanometer, wie man sie bisher hatte, nicht zum Ziele. Du Bois gebrauchte daher hierzu ein empfindlicheres Instrument der Art, das 24160 Windungen besaß (§. 220.) und dessen Nadel durch den Muskel- oder den Nervenstrom überaus kräftig abgelenkt wurde. Hatte er den Längen- und den Querschnitt eines mit den Muskeln nicht mehr zusammenhängenden Hüftnerven eines Frosches, der mit Strychnin vergiftet worden, mit jenem Galvanometer vereinigt, so ging die Magnetnadel um 1° bis 4° in glücklichen Fällen zurück, wenn die Wirkung des Giftes Starrkrämpfe in den entsprechenden Muskeln des unversehrten Thieres von dem Rückenmarke aus erzeugt haben würde. Trennt man den Nerven von dem Rückenmarke los, so kehrt die Schwankung unter ähnlichen Verhältnissen nicht wieder. Wiederholte mechanische oder thermische, weniger dagegen chemische Erregungen können ebenfalls eine negative Abweichung von 1° bis 3° zum Vorschein bringen. Das allmählige Verbrühen der Haut des Fußes und des Unterschenkels zwingt endlich noch den Hüftnerven, von der in ihm vor sich gehenden Veränderung an dem Galvanometer hin und wieder Rechenschaft zu geben.

§. 1848. Prüft man den Nerven auf elektrischem Wege, so ergiebt sich, daß die Größe der negativen Stromesschwankung mit dem Dichtigkeitswechsel der Elektricität (§. 231.), der Länge und der geringeren

Entfernung von der erregten Strecke zunimmt. Obgleich die gleichen Bedingungsglieder für den elektrotonischen Zustand wiederkehren (§. 1836.), so machen sie sich doch nicht für diese beiden Erscheinungen in gleichem Maaße geltend. Die negative Schwankung hängt von dem Abstande der erregten und der abgeleiteten Stelle weit weniger, als die säulenartige Polarisation des Nerven ab. Beide werden aber von der Beschaffenheit des Nerven wesentlich bestimmt (§.. 1841.), durch die Unterbindung oder die Trennung des Nerven aufgehoben (§. 1847.) und auf dem Wege der Erholung von Neuem erhöht (§. 1284). Die der Querachse des Nervenstammes entsprechende Durchleitung des Erregungsstromes liefert wiederum die ungünstigste Bedingung für die negative Bewegung der Magnetnadel des Galvanometers.

§. 1849. Die negative Schwankung des Nervenstromes begleitet hiernach die innere Veränderung, der die Empfindungs- oder die Bewegungsnerven in dem Augenblicke ihrer Thätigkeit unterworfen werden. Sie kann übrigens in den centripetalen und in den centrifugalen Nervenfasern (§. 1707.) nach beiden Seiten hin, in jenen auch näher der Peripherie und in diesen gegen das centrale Nervensystem hin wahrgenommen werden (§. 1805.). Der Wechsel des Molecularzustandes läuft daher beiderseitig dahin. Wir werden aber später sehen daß gewisse einseitige Zuckungserfolge dessenungeachtet zu Stande kommen. Es frägt sich daher, ob die Stärke und die übrigen Verhältnisse der negativen Stromesschwankung in dieser Hinsicht bestimmend eingreifen oder ob sie überhaupt nur eine untergeordnete Nebenwirkung der tieferen Veränderungen des Nervenmarkes darstellt.

§. 1850. Das Galvanometer kann noch manche Wechselzustände, in die der Nerveninhalt in Folge der Fäulniß verfällt (§. 1693.), nach Du Bois anzeigen. Hat man den Längen- und den Querschnitt des Nerven mit den Galvanometerpolen verbunden, so nimmt der elektrische Gegensatz ab, so wie die aufliegende Querfläche mit der Zeit zu leiden anfängt. Die Herstellung eines neuen Querschnittes führt dann wieder zu befriedigerenden Ergebnissen. Es ereignet sich auch, daß sich die Stromesrichtung des Nerven eben so gut wie die der kleinen Muskelmassen nach bedeutenden Mißhandlungen, die selbst nur eine beschränkte Stelle zu treffen brauchen, umkehrt. Die elektromotorischen Eigenschaften dauern nur wenig länger, als die Fähigkeit, Verkürzungen anzuregen. Fehlen sie gänzlich, so findet man, daß der Nerveninhalt geronnen ist (§. 1693.). Sie kehren später nicht mehr wieder.

Veränderung des Nervenstromes während der Fäulniß.

§. 1851. Wir haben schon §. 1241 gesehen, daß die elektrischen Ströme die feinsten Prüfungsmittel, die wir in dem lebenden Körper oder in Froschpräparaten gebrauchen können, darbieten. Keine Verbindung besitzt wahrscheinlich eine so große Empfindlichkeit für die Elektrolyse (§. 239.) und die anderen Eingriffe schwacher Erregungen der Art, als die so leicht veränderliche Masse des Nerveninhaltes (§. 1693.) Die Erfahrungen, die man auf diesem Wege gewinnt, lassen auch auf manche

Elektrische Erregung der Nerven.

innere Molecularverhältnisse, die sich sonst nicht kund geben, mittelbar zurückschließen.

Zeichensprache der galvanischen Reizversuche.

§. 1852. Die Verkürzungen, welche die galvanische Nervenreizung zur Folge hat, können zu vier verschiedenen Zeiten, im Augenblicke des Schlusses, während des Geschlossenseins, im Momente der Oeffnung und nach dem Oeffnen der Kette zu Stande kommen. Da die Wortbeschreibungen der zahlreichen Verschiedenheiten, denen man hier begegnet, eben so weitläufig als verwirrend ausfallen würden, so kann man sich einer einfacheren, übersichtlichen Zeichensprache mit Vortheil bedienen. Diese zeigt zugleich an, in welcher Richtung der elektrische Strom durchgeht und ob er nur eine augenblickliche Zusammenziehung oder eine Reihe von Wechselkrämpfen zur Folge hat.

Man drückt zunächst die verschiedene Stärke der Verkürzung, die in einem gegebenen Versuche zum Vorschein kommt, mit aufsteigenden Buchstaben oder Zahlen aus. Die Letzteren bezeichnen zugleich gewisse Muskelbezirke, die sich in einem Präparate zusammengezogen haben. *A*, *B*, *C*, *D* und *E* sollen andeuten, daß die Muskeln des Ober- und des Unterschenkels oder des ganzen Hinterbeines eines Frosches, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, dagegen, daß nur die Oberschenkelmuskeln in Thätigkeit geriethen und zwar *A* in leisestem und *E* in stärkstem Grade. 1, 2, 3, 4, 5, enthält die gleiche Stufenfolge für die gewöhnlichen Wirkungen der galvanischen Froschpräparate, in denen sich der Wadenmuskel (*c*. Fig. 231. S. 391.) vorzugsweise betheiligt. *zz* oder *z* giebt an, daß eine Reihe von Wechselkrämpfen längere Zeit fortdauerte, 0 dagegen, daß gar keine Veränderung der Muskelmasse bemerkt wurde. *p* ist ein peripherischer und *c* ein centraler Strom, d. h. die positive galvanische Strömung läuft von dem centralen Nervensysteme nach den Muskeln (oder den Sinneswerkzeugen) in dem ersteren und in umgekehrter Bahn in dem letzteren Falle dahin.

Jeder Ausdruck der Art hat vier Werthe. Der erste entspricht dem, was im Augenblicke des Schlusses, der zweite dem, was im Momente der Oeffnung, der dritte dem, was während des Geschlossenseins und der vierte dem, was nach dem Oeffnen der Kette vor sich geht. Man sieht leicht, daß hierbei der Werth, der bei dem Oeffnen der Kette erscheint, dem, welcher dem Geschlossensein entspricht, vorangesetzt ist. Der Grund dieser zum Theil unnatürlichen Anordnung liegt darin, daß vor Allem die Schließungs- und die Oeffnungszuckungen (§. 1241.) in den meisten Versuchen in Betracht kommen und sich häufig wechselseitig entgegengesetzt verhalten. Stellt man jene beiden Erscheinungen unmittelbar neben einander, so lassen sich die Unterschiede leichter auffassen.

Der Ausdruck $p = 3.0.0.0$ und $c = 0.3.0.0$, will z. B. sagen, daß sich ein galvanisches Froschpräparat im Augenblicke des Schlusses des peripherischen und in dem der Oeffnung des centralen Stromes, sonst dagegen zu keiner Zeit zusammenzog.

Zuckungsgesetz des lebenden Nerven.

§. 1853. Man kann zunächst die Erscheinungen in dem lebenden Thiere mit ziemlich unbedeutenden Nebenverletzungen zu prüfen suchen.

Man bindet den Frosch auf einem Brette passend auf und sticht eine metallene Leitungsnadel in den Verlauf des Hüftnerven kurz vor dessen Eintritt in die Unterleibshöhle (unter *b*, Fig. 372, S. 539.) und eine zweite dicht unter dem Kniegelenke ein. Hat man nun die zwei Nadeln mit einer galvanischen Kette (Fig. 60. S. 84.) zweckmäßig verbunden, so geht der elektrische Strom fast längs des ganzen Oberschenkelabschnittes des Hüftnerven dahin. Wählt man dann eine sehr schwache galvanische Reizung, so findet man, daß die Richtung des Stromes keinen merklichen Einfluß auf das Endergebniß ausübt. Mag der positive Strom peripherisch oder central verlaufen (§. 228.), so erhält man doch immer nur eine Zuckung im Augenblicke des Schlusses, sonst aber zu keiner Versuchszeit. Die Formel dieses unter den einfachsten Verhältnissen auftretenden Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven lautet daher $p = c = A$ bis $E.0.0.0$.

§. 1854. Man kann das Thier einen ganzen Tag hindurch und noch länger von Zeit zu Zeit vornehmen, ohne daß sich das eben erwähnte Ergebniß im Wesentlichen ändert. Läßt man einzelne der später zu erwähnenden Ausnahmen unberücksichtigt, so wiederholt sich auch das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven nach der Betäubung mit Aether oder Chloroform, der Vergiftung mit Strychnin oder Opium, der Enthauptung, der Trennung des Hüftgeflechtes (*a b c d*, Fig. 372, S. 539.) oder des Hüftnerven in dem lebenden oder getödteten Thiere. Es kann endlich unter allen diesen Verhältnissen bis zu den letzten Empfänglichkeitszeiten unversehrt erhalten bleiben. Sticht man die Leitungsnadeln in den Antlitznerven eines Kaninchens oder eines Hundes (§. 1735.) ein, so überzeugt man sich, daß das gleiche Zuckungsgesetz für die Säugethiere wiederkehrt.

§. 1855. Hat man den Frosch kurz vorher enthauptet, das Hüftgeflecht oder den Hüftnerven gedrückt, gezerrt oder sonst mißhandelt so ereignet es sich nicht selten, daß sich eine in der Regel schwächere Oeffnungszuckung hinzugesellt. Man findet daher im Allgemeinen $p = c = A$ bis $E.C.0.0$ statt $p = c = A$ bis $E.0.0.0$. Wird der Versuch einige Zeit später wiederholt, so erhält man oft genug das reine Zuckungsgesetz. Die schlechte Behandlung erzeugt daher eine gewisse Veränderung des Nervenmarkes, die über die unmittelbar angegriffene Stelle fortwirkt, sich eine Zeit lang erhält, in der Folge dagegen verloren geht. Kranke und sehr abgemagerte Frösche führen oft ohne Weiteres zu den eben erwähnten doppelten Wirkungen. Doppelte Wirkungen.

§. 1856. Ein Frosch, der das Zuckungsgesetz die längste Zeit geliefert hat, giebt Schließungs- und Oeffnungszuckungen ($p = c = A$ bis $E.A$ bis $E.0.0$, so wie man die schwache galvanische Kette mit einer stärkeren vertauscht. Hat diese eine mäßige Kraft, erzeugt sie eine Abgleitung von 0 bis zu einer nicht zu bedeutenden Dichtigkeitsgröße (§. 232.), so kann man häufig das reine Zuckungsgesetz zum Vorschein bringen, wenn man die Leitungsnadeln immer näher bei einander anbringt, Einfluß der Nervenlänge.

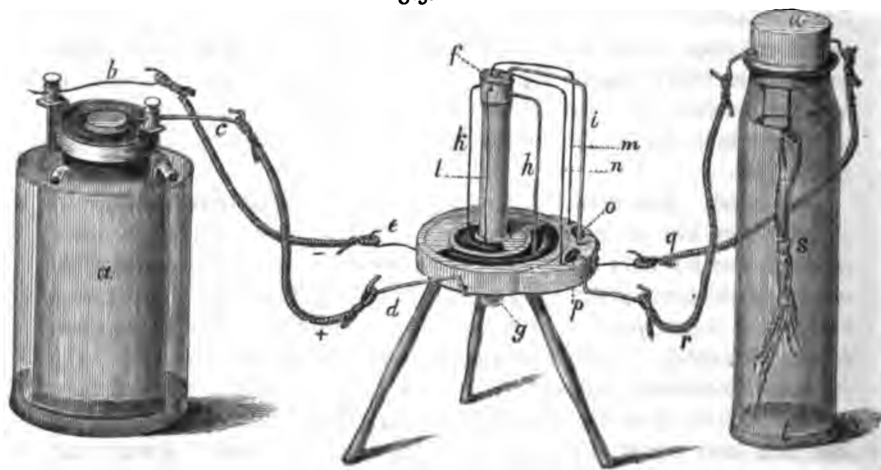
d. h. einen immer kürzeren Abschnitt des Nerven von dem Strome durchsetzen läßt. Die Länge der erregten Nervenstrecke und der Dichtigkeitswechsel in dem Augenblicke des Schlusses oder der Oeffnung ergänzen sich daher bis zu einem gewissen Grade wechselseitig.

Wirkung starker Ketten. §. 1857. Ist die Kette so stark, daß kräftigere elektrolytische Wirkungen eingreifen, so gesellen sich noch Wechselkrämpfe, vorzüglich während des Geschlossenseins der Kette hinzu. Man hat z. B. $p = c = C.C.$ $zz.b.0.$ in vielen Fällen. Vorangehende Mißhandlungen der Nervengebilde können die gleichen Erfolge selbst unter dem Gebrauche der schwachen Ketten hin und wieder herbeiführen.

Stimmungswechsel. §. 1858. Man findet nicht selten in enthaupteten Fröschen, daß nur eine bestimmte Stromesrichtung doppelte Wirkungen zum Vorschein bringt. Man erhält z. B. $p = B.0.0.0.$ und $c = B.B.0.0.$ Es verrathen sich daher schon hier Stimmungs- oder Molecularzustände, wie wir sie sogleich ausführlicher für Froschpräparate kennen lernen werden. Sie gehen oft später wiederum verloren.

Prüfung der Froschpräparate. §. 1859. Will man ein galvanisches Froschpräparat (1237.) diesen Prüfungen aussetzen, so bringt man es (*s*, Fig. 395) in ein Glas, auf dessen Boden etwas Wasser *t* befindlich ist. Man verhütet auf diese Weise das so schädliche Vertrocknen, vorzüglich des Hüftnerven. Man

Fig. 395.



hängt das Ganze an einem Hornhaken auf und schlingt den Hüftnerven oder wenn er zu kurz ist, ihn und das mit herausgeschnittene Hüftgeflecht (*abcd* Fig. 372. S. 539.) über zwei Metalldräthe, die den Zapfen *u* durchsetzen. Diese verbinden sich mit einem Stromwender *f*, der wieder mit der galvanischen Kette *abc* zusammenhängt. Man hat hierdurch den Vortheil, peripherische und centrale Ströme im Augenblicke wechseln oder gleich gerichtete Strömungen rasch hinter einander folgen zu lassen.

Lebendiges Zuckungsgesetz an Froschpräparaten.

§. 1960. Hat man sich ein galvanisches Froschpräparat mit der größten Vorsicht zubereitet, so daß vorzüglich der Hüftnerv möglichst wenig mißhandelt worden, so kann man sich unter günstigen Verhältnissen in wiederholten Versuchen überzeugen, daß das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven immer noch fortdauert. Sehr schwache Ströme oder kurze Durchflußstrecken des Nerven geben dann nur Schließungszuckungen, während jeder Erfolg in den übrigen Versuchszeiten ausbleibt. Die gewöhnlichen Froschpräparate dagegen führen zu anderen Ergebnissen, weil die mit ihrer Zubereitung verbundenen Zerrungen des Nerven eine anhaltende naturwidrige Stimmung, eine dauernde Veränderung der Molecularzustände herbeiführt.

Unnatürliche Stimmung der gewöhnlichen Froschpräparate.

§. 1861. Setzt man eine längere Nervenstrecke des Hüftnerven eines frisch bereiteten Froschpräparates dem Einflusse mäßiger galvanischer Ströme aus, so pflegt man doppelte Wirkungen (§. 1855.) bei jeder der beiden Stromesrichtungen ($p = c = 1$ bis $5 . 0 . 0$) wahrzunehmen. Dieses Ergebniß rührt jedoch nur von der Quantität der gebrauchten Erregung her. Schwächt man diese, bedient man sich sehr kurzer Durchflußstrecken des Nerven und möglichst schwacher elektrischer Strömungen (§. 234.), so erhält man gleich im Anfange einseitige Ergebnisse, die mit der Verschiedenheit der Stromesbahnen abweichen und die Art des anhaltenden künstlichen Stimmungszustandes, den wir (§. 1960.) erwähnt haben, anzeigen.

Einseitige Wirkungen der Froschpräparate.

§. 1862. Man bemerkt hierbei vor Allem zweierlei Hauptfälle. Der peripherische Strom führt zu einer Schließungs-, der centrale dagegen zu einer Oeffnungszuckung ($p = 1$ bis $5 . 0 . 0 . 0$. und $c = 0 . 1$ bis $5 . 0 . 0$.) Da die willkührliche Zusammenziehung der Muskeln von einer peripherischen Fortpflanzung der Erregung in dem Innern der Bewegungsnerven herrührt, so hat man hier eine einseitige mit den Lebensthätigkeiten gleichartige Wirkung. Man pflegt diese auch mit dem Namen des Marianinischen Gesetzes zu bezeichnen. Es ereignet sich dagegen in anderen Fällen, daß das Entgegengesetzte, d. h. eine einseitige ungleichartige Wirkung durchgreift. Der centrale Strom liefert dann eine Schließungs- und der peripherische eine Oeffnungszuckung ($p = 0 . 1$ bis $5 . 0 . 0$. und $c = 1$ bis $5 . 0 . 0 . 0$.).

Ungleiche Doppelwirkungen.

§. 1863. Man sieht leicht, daß die Quantitätsverstärkung, die zu den doppelten Wirkungen führt, die wahrhaft vorhandene Stimmung nur verhüllt. Sie verräth sie aber bisweilen schon in sofern, als die eine der beiden Zuckungen kräftiger, als die andere ausfällt.

Uebergang der doppelten in einseitige Wirkungen.

§. 1864. Da die Quantität der Empfänglichkeit in den Nerven des getödteten Thieres allmählig abnimmt, so erklärt es sich hieraus, weshalb ein Froschpräparat, das im Anfange doppelt antwortete, die gleichen Erregungen späterhin einseitig erwiedert. Hat man den einen Schenkel eines Frosches kurz nach dem Tode und den zweiten mehrere Stunden darauf zu einem Froschpräparate verarbeitet, so kann man das Gleiche bestättigt finden.

Erholung. §. 1865. Aehnliche Erscheinungen machen sich auch im unversehrten Thiere (§. 1853.) oder in Froschpräparaten, die keine künstliche Stimmung darbieten, für die Erholungszeit geltend. Eine vorangegangene Mißhandlung führt hier häufig zu doppelten Wirkungen schwacher Ströme und nicht sehr kurzer Nervenstrecken. Die Ruhe läßt das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven (§. 1848.) oder die einseitige Wirkung von Neuem zum Vorschein kommen.

Ursprüngliche Anwesenheit einer Grundstimmung. §. 1866. Man hat die Vermuthung ausgesprochen, daß die einseitige ungleichartige Wirkung der gleichartigen vorangehe, weil jene den Lebensverhältnissen in höherem Grade entsprechen sollte. Ein vollkommen kräftiges Froschpräparat würde hiernach $c = 1$ bis 5 . 0 . 0 . 0 und $p = 0 . 1$ bis 5 . 0 . 0 in dem ersten Augenblicke, und $p = 1$ bis 5 . . 0 . 0 . 0 und $c = 0 . 1$ bis 5 . 0 . 0 späterhin liefern. Die Erfahrung unterstützt jedoch diese Annahme in keiner Beziehung. Man kann sich überzeugen, daß die gleichartige oder die ungleichartige Grundstimmung von vorn herein vorhanden ist. Das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven weicht überdies von der einen eben so sehr, als von der anderen ab.

Größere Häufigkeit der gleichartigen einseitigen Wirkung. §. 1867. Man vermag bis jetzt nicht anzugeben, weshalb das eine Präparat eine gleichartige und das zweite eine ungleichartige einseitige Wirkung liefert. Eine heftige Zerrung und jede andere schwere Mißhandlung des Nerven ändern das Mark in jedem Falle so durchgreifend und anhaltend, daß es die beiden Stromesrichtungen verschieden beantwortet. Die gleichartige, dem Marianini'schen Gesetze entsprechende einseitige Wirkung kommt dann weit häufiger als die ungleichartige zum Vorschein. Der einzelne Erfolg hängt aber von keiner ursprünglichen Anlage, von keiner schon im Leben gegebenen Eigenschaft des Nervenmarkes ab. Es kann sich ereignen, daß der eine Schenkel desselben Frosches zu gleichartigen und der zweite zu ungleichartigen Erfolgen führt. Es kommt sogar in seltenen Fällen vor, daß die Stimmung des gleichen Nerven im Laufe der Versuchszeit oder in Folge der Einwirkung der Außenverhältnisse in die entgegengesetzte umschlägt. Die Regel besteht freilich darin, daß die einmal angenommene Grundstimmung bis zu den letzten Empfänglichkeitsresten zurückbleibt.

Einfluß der Stimmung auf den Nervenstrom. §. 1868. Es liegt die Vermuthung nahe, daß Unterschiede des elektrischen Verhaltens des Nervenmarkes die verschiedenen Stimmungsarten, die das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven oder die künstliche einseitige Wirkung der Froschpräparate erzeugen, begleiten dürften. Bedenkt man aber, daß Du Bois lebende und todte Nerven, die gewiß in jener Hinsicht wesentlich abwichen, häufig untersucht hat, so darf man eher annehmen, daß hier nicht sowohl die Grunderscheinungen, als die einzelnen Größenmomente derselben wechseln werden.

Wirkungen anhaltender Ströme. §. 1869. Es wurde §. 1862 bemerkt, daß die Zuckungen während des Geschlossenseins schwächerer Ketten, d. h. zur Zeit des anhaltenden Durchflusses ziemlich gleich dichter und nicht stark elektrolysirender

Ströme auszubleiben pflegen. Die Erfahrung lehrt aber, daß sie nichts desto weniger bestimmte Wirkungen hervorrufen. Die schwache Elektrolyse führt zu bleibenden Stimmungsveränderungen, die erst auf dem Erholungswege allmählig beseitigt werden.

Voltaische Alternative.

§. 1870. Denken wir uns, wir hätten ein gewöhnliches Froschpräparat, das gleichartig und einseitig antwortet ($p = 1$ bis 5.0.0.0. und $c = 0.1$ bis 5.0.0.), und wir lassen einen peripherischen elektrischen Strom anhaltend durchgehen, so können wir es so weit bringen, daß die Schließungszuckung eines von Neuem einbrechenden peripherischen Stromes ausbleibt, daß dieser gar keine Wirkung überhaupt zum Vorschein bringt ($p = 0.0.0.0.$ $c = 0.1$ bis 5.0.0.). Ist dann ein centraler Strom durch dieselbe Nervenstrecke eine Zeit lang gegangen, so kehrt die Schließungszuckung für den später eingeleiteten peripherischen Strom abermals wieder ($p = 1$ bis 5.0.0.0. $c = 0.1$ bis 5.0.0.). Man pflegt diese Wechselerscheinung unter dem Namen der Voltaischen Alternative aufzuführen.

Rasche und allmählige Veränderung des Nervenmarkes.

§. 1871. Die früher (§. 233.) erwähnten Thatsachen deuten schon darauf hin, daß der Bewegungsnerv nur dann, wenn sein Molecularzustand rasch und lebhaft verändert wird, Muskelverkürzungen herbeiführt. Wir erhalten deshalb eine Schließungs- oder eine Oeffnungszuckung, so wie die Dichtigkeit der durchfließenden Elektricität von Null auf die gegebene Höhe steigt oder von dieser auf jenen Werth herabsinkt. Eine plötzliche Erhöhung oder Verminderung des Dichtigkeitsgrades der fortwährend durchgehenden Elektricitätsströme führt zu dem gleichen Ziele. Die schwachen Unterschiede dagegen, die während des Geschlossenseins nicht sehr starker Ketten auftreten, pflegen die Ruhe der Muskeln der gewöhnlichen Froschpräparate nicht zu stören. Sie werden aber dessenungeachtet die erregte Nervenstrecke in einem gewissen Grade elektrolysiren und polarisiren (§. 239.) und über diese hinaus elektrotonisch eingreifen (§. 1836.). Die Nervenmolecüle werden indessen in dem Sinne des peripherischen Stromes allmählig verändert. Schlägt nun eine neue peripherische Strömung ein, so kann kein starker Wechsel des Molecularzustandes plötzlich eingreifen. Man vermißt daher für den Augenblick jede Empfänglichkeit für diese Stromesrichtung. Läßt man dagegen einen centralen Strom einbrechen, so sucht er sogleich die Atome in seinem Sinne zu beherrschen. Hat er die frühere Stimmung theilweise oder vollständig aufgehoben, so kann der peripherische Strom eine Schließungszuckung abermals zum Vorschein bringen.

Schwächende Wirkung einer einseitigen Stromesrichtung.

§. 1872. Da man die gleichartige einseitige Wirkung häufiger als die ungleichartige antrifft (§. 1867.), so macht sich natürlich der schädliche Einfluß, den der peripherische Strom auf die Schließungszuckung ausübt, vorzugsweise geltend. Man hat daher geglaubt, daß er die Nerventhätigkeit schwächen, der centrale Strom dagegen sie erhöhen könne. Die Erfahrung lehrt aber, daß dieser Ausspruch nur aus den Scheinverhältnissen, welche die gewöhnlichen Fälle darbieten, hervorgegangen ist. Hat

man eines der seltneren Froschpräparate, das ungleichartigere einseitige Erfolge liefert, dessen Schließungszuckung daher unter dem Einflusse des centralen Stromes bemerkt wird ($c = 2.0.0.0.$ $p = 0.3.0.0.$), so kann die anhaltende Wirkung einer centralen Strömung die Schließungszuckung beseitigen, während die Oeffnungszuckung des peripherischen Stromes unverändert bleibt ($c = 0.0.0.0$ $p = 0.2.0.0.$). Die §. 1871 gegebene Erklärung liefert daher eine richtigere allgemeinere Anschauungsweise, vorausgesetzt, daß die beiden entgegengesetzten Artstimmungen aus verschieden gegebenen Verhältnissen der Anordnung oder der Eigenschaften der Molecüle des Nervenmarkes hervorgehen.

Leichtere Unterdrückung der Schließungszuckung.

§. 1873. Die Voltaische Alternative hebt die Schließungszuckung, sie mag von dem peripherischen oder dem centralen Strome herrühren, leichter als die Oeffnungszuckung auf. Die entgegengesetzte Stromesrichtung, welche dieser vorangeht, reicht schon hin, die positiven Ergebnisse eher möglich zu machen.

Vollständige Erholung.

§. 1874. Präparate, deren Empfänglichkeit tief gesunken ist, können durch anhaltende schwache Ströme so weit heruntergebracht werden, daß sie gar keine Zusammenziehung mehr unter dem Einflusse irgend einer Stromesrichtung darbieten. Läßt man sie eine Zeit lang ruhen, so kehrt oft die Verkürzungsfähigkeit von selbst wieder.

Größere Elasticität des lebenden Nerven.

§. 1875. Der Gebrauch der anhaltenden Ströme kann noch deutlich zeigen, daß die Mißhandlung des Nerven, welche die künstliche Stimmung der Froschpräparate bedingt, das Widerstandsvermögen beträchtlich herabsetzt. Das Nervenmark gehorcht nämlich den schädlichen Einflüssen der fortwährenden elektrischen Strömungen in den Froschpräparaten leichter und nachdrücklicher, als in dem lebenden Thiere. Dieses liefert dann doppelte Wirkungen statt des reinen Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven (§. 1855.). Jene verlieren sich überdies rascher, als die §. 1871 dargestellte aufgedrungene Stimmung der Froschpräparate.

Verwirrung der Nervenmolecüle.

§. 1876. Hat eine bestimmte Stromesrichtung den ausgeschnittenen Hüftnerven in seinem Sinne verändert (§. 1871.), so findet die entgegengesetzte Stromesbahn einen fruchtbareren Mutterboden. Man hat hier gleichsam eine Verwirrung der Verhältnisse der Nervenmolecüle vor sich, Die raschere Veränderung führt dann zu Zuckungen in Augenblicken, die keine Ergebnisse der Art ohne jene Vorbedingungen liefern würden.

Denken wir uns, wir hätten ein galvanisches Froschpräparat, das ursprünglich $p = 2.0.0.0.$ und $c = 0.3.0.0.$ liefert, so können wir $p = 2.0.0.0.$ und $c = 1.3.0.0.$ erhalten, wenn wir die Richtungen der galvanischen Erregung mittelst des Stromwenders (§. 1859.) möglichst schnell wechseln lassen. Man bemerkt sogar, daß ein Strom, der an und für sich keine Verkürzungen liefert, die zur Zusammenziehung nöthige Verwirrung der Molecularverhältnisse herzustellen vermag. Man hat z. B. $c = 0.4.0.0.$ $p = 0.0.0.0.$ $c = 1.4.0.0.$ bei schnellem Stromeswechsel.

Erhöhung der Beweglichkeit der Nervenmolecüle.

§. 1877. Wir haben schon §. 1875 gesehen, daß der lebende Nerv eine größere Selbstständigkeit, als der Hüftnerv des Froschpräparates den äußeren Einflüssen entgegensetzt. Die Abhängigkeit, welche beide darbieten, die erleichterte stürmische Beweglichkeit der Atome ihres Nervenmarkes erhöht sich auch bisweilen mit der Zahl der Erregungen im Anfange der Versuchszeit. Die Mißhandlungen, denen der Hüftnerv ausgesetzt wird, führen nicht selten zu so heftigen Schwankungen, daß Zuckungen während des Geschlossenseins oder nach dem Oeffnen der Kette, mithin in Augenblicken, die sonst nur Ruhe darbieten (§. 1853.), aufzutreten pflegen.

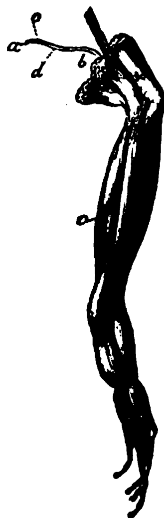
Centrale und peripherische Wechselkrämpfe.

§. 1878. Die genauere Prüfung der hierher gehörenden Erscheinungen deutet darauf hin, daß zweierlei Arten von Veränderungen, welche die Fortdauer der Zuckungen bedingen, in dem Nervenmarke vorkommen können. Man erhält nicht selten Präparate, die nur während des Geschlossenseins des peripherischen, nicht aber des centralen Stromes Wechselkrämpfe darbieten. Es ereignet sich in anderen Fällen, daß diese, wenn sie früher von selbst aufgetreten, während des Durchganges einer bestimmten Stromesbahn schweigen und nach dem Oeffnen der Kette von Neuem einfallen. Wir haben mithin eine Art von Unruhe des Nervenmarkes, die durch centrale elektrische Ströme unterstützt und durch peripherische geschwächt oder aufgehoben wird, und eine zweite, die das Umgekehrte darbietet.

Einfluß der Lage und der Länge der Erregungsstrecke.

§. 1879. Hat man ein den Muskeln, *c*, Fig. 396, näher gelegenes Nervenstück *db* einer galvanischen Erregung ausgesetzt, so erhält man meist günstigere Erfolge, als wenn man einen entfernteren Abschnitt *ae* oder *ed* dem gleichen Reizmittel unterwirft. Man kann sich ferner überzeugen, daß ein längeres und zwar selbst zum Theil centraleres Nervenstück bessere Ergebnisse, als ein kürzeres zu liefern pflegt. Beide Gesetze können jedoch einzelne Ausnahmen darbieten.

Fig. 396.



Hinderniß der Fortpflanzung der Erregung.

§. 1880. Läßt man einen mäßigen Strom durch ein centraleres Stück *ae* anhaltend durchgehen, während man ein näheres *db* mit Wechselströmen prüft, so weichen die Wirkungen von *db* von den gewöhnlichen Verhältnissen nicht wesentlich ab. Der schwache elektrotonische Zustand (§. 1836.) von *db* führt dann zu keinen merklichen Veränderungen der Ergebnisse. Stellt man hingegen den umgekehrten Versuch an, d. h. läßt man den fortwährenden Strom durch das untere Stück *db* treten, während man das obere *ae* den Wechselströmen Preis giebt, so erhält man höchstens schwache Zusammenziehungen. Diese mangeln sogar in der Regel gänzlich, sobald der fortgesetzte Schluß eine Zeit lang eingewirkt hat. Hebt man ihn auf, so verkürzt sich *c*, Fig. 396, im

Augenblicke, so wie man *ae* oder *ed* anspricht. Die fortdauernde Galvanisation des unteren Stückes erzeugt hier einen Elektrotonus, eine verhältnißmäßig lebhafte Spannung der Molecüle. Diese wird daher nicht von dem oberen Strome, dessen Wirkung mit einem gewissen Leitungswiderstande verbunden ist, aufgehoben. Die Entfernung des Hindernisses läßt aber auf der Stelle den oberen Strom frei wirken.

Größere Selbstständigkeit des lebenden Nerven.

§. 1881. Der Nerv des lebenden Thieres besitzt hier wiederum eine größere Selbstständigkeit, als die künstlich verstimmten Nervenfasern der gewöhnlichen Froschpräparate. Geht auch ein anhaltender mäßiger Strom durch den unteren Abschnitt des Hüftnerven durch, so liefert doch die Ansprache des oberen Nervenstückes Wirkungen, die dem Zuckungsgesetze des lebenden Nerven (§. 1853.) deutlich entsprechen.

Galvanische Erregung der Empfindungsfasern.

§. 1882. Die Empfindungsfasern führen im Ganzen zu keinen so scharfen Ergebnissen als die Bewegungsnerven. Man kann sich an starken galvanischen Ketten überzeugen, daß der Schließungsschmerz lebhafter als der Oeffnungsschlag ausfällt. Man hat also hier ein Gegenstück des Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven. Es ereignet sich hierbei nicht selten, daß auch hier ein unangenehmer Eindruck während des Geschlossenseins der Kette fortdauert, sei es, daß die Elektrotonicität (§. 1836.) empfunden wird oder daß die fortwährenden leisen Erschütterungen des Körpers (§. 1193.) einen beständigen Wechsel von Schluß und Oeffnung herbeiführen. Die Inductionsvorrichtungen erzeugen zunächst die heftigsten Oeffnungsschmerzen. Prüft man dagegen den Hüftnerven eines lebenden Frosches mit eingestochenen Leitungsnadeln (§. 1853.), so schreit das Thier nicht selten bei dem Schlusse und der Oeffnung in den höchsten Schmerzenstönen. Die Farben der galvanischen Lichtfigur (§. 1578.) kehren sich in diesem doppelten Falle nach einzelnen Forschern um. Das Gehör- und das Geruchsorgan erwidern die elektrischen Ströme nur zweideutig oder gar nicht (§. 1608 und §. 1629.).

Molecularveränderungen des Nervenmarkes.

§. 1883. Fassen wir Alles zusammen, so unterliegt es keinem Zweifel, daß die Thätigkeit der Nerven von dem Molecularzustande der Masse derselben wesentlich abhängt und dieser in dem Augenblicke der Wirkung durchgreifend wechselt. Das Nervenprincip arbeitet daher mit materiellen Veränderungen. Die Substanz des Nervenmarkes besitzt in dieser Hinsicht eine Beweglichkeit, wie man sie bis jetzt in keiner anderen Masse kennt. Ein Molecül bestimmt dabei sein Nachbarmolecül auf dem Wege der unmittelbaren Berührung. Der Verlust an lebendiger Kraft, den diese Mittheilung von Punkt zu Punkt herbeiführt, erzeugt den physiologischen Leitungswiderstand. Die Unterbrechung der natürlichen unmittelbaren Berührung und die hiermit verbundenen Folgen heben die auf Contactwirkungen beruhende Fortpflanzung auf der Stelle auf.

Die außerordentliche Beweglichkeit oder Empfänglichkeit der Nervenmolecüle macht es zwar möglich, daß eine örtliche, eine gewisse Zeit anhaltende mechanische, thermische oder chemische Störung ihren Einfluß

längs des ganzen Verlaufes der Nervenfaser verbreitet (§. 1831.). Kein Reizmittel ändert aber den Atomenzustand des Nervenmarkes so leicht und schnell, als die elektrische Erregung. Der elektrotonische Zustand (§. 1836.), die negative Stromesschwankung (§. 1846.) und der Einfluß des anhaltenden Durchganges galvanischer Strömungen (§. 1870.) können dieses am Deutlichsten erhärten. Die zartesten elektrolytischen Einflüsse reichen schon hin, hier Drehungen der verschieden polarisirten Molecüle oder neue eigenthümliche Polarisationserscheinungen herbeizuführen.

Die Molecüle des lebenden Nerven sind bei Weitem elastischer und daher selbstständiger, als die des todten Körpers oder des Froschpräparates, dem die vorangehenden Mißhandlungen eine bleibende künstliche Stimmung aufgezwungen haben. Es giebt hier gewisse Veränderungen der Atomenzustände, die sich nicht unmittelbar durch Muskelbewegungen, wohl aber durch einen Stimmungswechsel verrathen. Die Erholung besteht in der Herstellung einer passenderen Molecularanordnung. Sie setzt die Fortdauer des Kreislaufes nicht voraus. Die erste Widerholung der Erregungen oder die Verwirrung der Atomenverhältnisse können die Beweglichkeit der Molecüle sichtlich erhöhen.

Die Fäulniß hebt zuerst die lebenden Wirkungen, dann die Fähigkeiten des Elektrotonus und der negativen Stromesschwankung und endlich den Nervenstrom selbst auf. Dieser kann sich zuletzt eben so gut, als der Muskelstrom umkehren. Die feineren Verhältnisse der Nerven und der Muskelsubstanz gleichen einander überhaupt in vieler Hinsicht in auffallender Weise.

§. 1884. Die elektrischen oder die Zitterfische, z. B. der Zitterrochen und der Zitteraal (Fig. 397.), lehren am Deutlichsten, daß die Nerventhätigkeit elektrische Schläge erzeugen kann. Eigene Werkzeuge, die elektrischen Organe, vermitteln diese merkwürdige Wirkung, welche noch wesentliche Aufschlüsse über die inneren Vorgänge der Nerventhätigkeit zu geben verspricht. Zitterfische.

Fig. 397.



§. 1885. Die elektrischen Werkzeuge des Zitterrochens wiederholen sich symmetrisch zu beiden Seiten des Körpers. *a*, Fig. 398 (s. f. S.) zeigt die Rückenfläche des linken, nebst den zahlreichen starken Nervenstämmen *defg*, die in das Innere desselben eindringen und aus dem dreigetheilten und dem herumschweifenden Nerven stammen. Betrachtet man die Rücken= oder die Bauchfläche des Organs oder ihre parallele Abschnitte, so sieht man, daß eine Menge polygonaler Gebilde, Fig. 399 (s. f. S.), mittelst zellgewebiger Scheidewände getrennt werden. Die Anschauung der Seitenfläche oder ein senkrechter Durchschnitt liefern Bilder, wie sie Fig. 400 (s. f. S.) wiederzugeben sucht. Eine große Zahl neben einander stehender Säulen enthält quere Blätt= Elektrische Organe.

chen, welche durch kleine, mit Flüssigkeit gefüllte Zwischenräume wechsel-

Fig. 398.



Fig. 399.



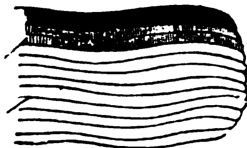
Fig. 400.



seitig geschieden werden. Eine gewisse äußere Aehnlichkeit mit galvanischen Säulen (Fig. 59, S. 84.), die durch Glasstäbe oder Glaswände getrennt und abgeschlossen sind, drängt sich von selbst auf.

§. 1886. Die Hunderte von Säulchen und die vielen Tausende von Blättchen, welche in den beiden elektrischen Organen des Zitterrochen vorkommen, liefern eine große Gesammtoberfläche, die mit der zwischen den Blättern befindlichen Flüssigkeit in Berührung kommt. Der Zitteraal, dessen elektrische Werkzeuge ähnlich gebaut sind und den größten Theil des Schwanzes, d. h. der Hauptmasse des Thieres, einehmen, führt zu noch bedeutenderen Werthen, zu vielen Quadratmetern. Während aber die Säulchen des Zitterrochens von dem Rücken nach dem Bauche und die Blättchen derselben diesen Flächen parallel von einer Seite zur anderen laufen (Fig. 400.), liegen jene in dem Zitteraale in der Richtung von dem Kopfe nach dem Schwanze. Die Blättchen ziehen sich daher von der Rücken- nach der Bauchfläche hinab, wie es Fig. 401 andeutet. Mehr als zweihundert Rückenmarksnerven versorgen die elektrischen Werkzeuge des Zitteraales, während die des Zitterrochens mit Gehirnnerven (§. 1885.) versehen werden.

Fig. 401.



§. 1887. Obgleich die Nervenstämme, welche in die elektrischen Organe des Zitterrochens eindringen, einen verhältnißmäßig bedeutenden Umfang von vorn herein darbieten, so vergrößern doch noch die zahlreichen Spaltungen, die sich in den untergeordneten Aesten und auf dem Säulenblättchen finden (§. 1885.), die Menge des Nervenmarkes in beträchtlichem Grade. Wir haben schon §. 1701 gesehen, daß die markigen Fasern zuletzt in gelbliche, scheinbar marklose, die sich abermals theilen und oft netzförmig verbinden, übergehen. Die elektrischen Organe besitzen unter diesen Verhältnissen eine Masse von Nervenelementen, wie sie kein anderes Körperwerkzeug bisher erkennen ließ. Ganglienkugeln

lassen sich an keinem Punkte dieser peripherischen Nervenverbreitung nachweisen.

§. 1888. Die Schläge, welche von den Zitterfischen willkührlich ertheilt werden, liefern diesen eine ähnliche Waffe, wie das Gift den Giftschlangen. Die heftige elektrische Entladung betäubt oder tödtet benachbarte Wasserthiere auf dieselbe Art, wie z. B ein Thier durch den starken Schlag einer Elektrisirmaschine oder des Blitzes dahingestreckt wird. Elektrische Schläge der Zitterfische.

§. 1889. Die Wirkungen, welche die in unseren künstlichen Vorrichtungen entbundene Elektricität hervorbringen kann, kehren auch in den Entladungen der lebenden Zitterfische nieder. Die Funkenbildung, die Fortleitung durch Conductoren, die Absperrung durch Isolatoren (§. 215.), (die Wärmeerhöhung), die Ablenkung der Magnetnadel und die Zuckungen der rheoskopischen Froschpräparate lassen keinen Zweifel übrig, daß man hier gewöhnliche elektrische Erscheinungen vor sich hat. Wirkungen des Schlages auf Rheoskope.

§. 1890. Zwei eigenthümliche, citronengelb gefärbte Gehirnlappen bilden die Centralwerkzeuge der elektrischen Nerven des Zitterrochens (§. 1885.). Fig. 402 giebt eine Ansicht der Innenseite eines der Länge nach halbirten Gehirns eines größeren Zitterrochens des Mittelmeeres. *f* ist der oberste Theil des Rückenmarkes, *c* das verlängerte Mark und *d* der rechte der beiden oben erwähnten elektrischen Lappen. Er zeichnet sich dadurch aus, daß er sehr große, scharf ausgesprochene und leicht zu sondernde Ganglienkugeln enthält. Sie können schon mit freiem Auge als kleine röthliche Körner erkannt werden und liegen, wie es Fig. 403 andeutet, neben und über einander. Zahlreiche Nervenfasern, die häufige Bogen bilden, schlingen sich auf das Mannigfachste durch sie hindurch. Viele Ganglienkugeln entlassen graue Fortsätze, deren Uebergang in markige Nervenfasern bis jetzt noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte. Elektrische Lappen des Zitterrochens.

Fig. 402.

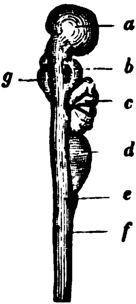
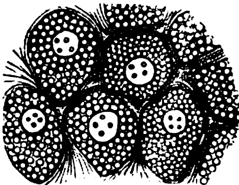


Fig. 403.



§. 1891. Hat man die elektrischen Lappen ausgeschnitten, so ist der Zitterrochen nicht mehr im Stande, die Schläge willkührlich auszutheilen. Die bald zu erwähnenden Reflexentladungen fallen dann ebenfalls fort.

§. 1892. Die Nebenverhältnisse deuten klar darauf hin, daß die Thätigkeit der elektrischen Nerven eine große Aehnlichkeit mit der Wirkung der Bewegungsnerven darbietet. Wenn das Thier seinen elektrischen Schlag willkührlich ertheilt, so pflanzt sich die Erregung von den elektrischen Lappen (*d*, Fig. 402.) nach den Blättchen der Säulchen (Fig. 399.) eben so gut centrifugal oder peripherisch fort, wie wenn die Bewegungsnerven die Muskeln zur Verkürzung zwingen. Die motori- Vergleich der elektrischen Nerven mit Bewegungsnerven.

schen Wurzeln zeichnen sich dadurch aus, daß sie eine beträchtliche Menge breiter Nervenfasern besitzen. Dasselbe kehrt auch für die elektrischen Nerven des Zitterrochens (*defg*, Fig. 398.) wieder. Reizt man einen einzelnen Stamm oder Zweig derselben mechanisch, thermisch oder chemisch, so entladet sich ein entsprechender Abschnitt des elektrischen Werkzeuges (§. 1714.). Die Trennung der Nerven hebt die peripherische Fortpflanzung der Anregung auf (§. 1832.). Hautreize, die Reflexbewegungen in anderen Thieren möglich machen (§. 1717.), können überdies Reflexentladungen in den Zitterfischen herbeiführen. Beide Fähigkeiten gehen aber mit der Zerstörung der entsprechenden Centralwerkzeuge verloren (§. 1937.). Eine schwache Erregung, die den rechten elektrischen Lappen (*d*, Fig. 398, S. 592.) trifft, wirkt oft nur auf das rechte elektrische Organ ein. Stärkere Reize dagegen setzen auch den linken elektrischen Lappen und mithin den ganzen Schlagapparat in Thätigkeit. Wir werden später sehen, daß etwas Aehnliches für die nervösen Centralwerkzeuge der Muskeln wiederkehrt.

Richtung des Entladungsstromes.

§. 1893. Der positive Strom, der sich im Augenblicke der Entladung in Bewegung setzt, schneidet die Blättchen, in welchen die Endverzweigungen der elektrischen Nerven wagerecht verlaufen, in senkrechter Richtung durch. Er geht daher in dem Zitterrochen von dem Rücken nach dem Bauche und in dem Zitteraale von dem Kopfe nach dem Schwanze dahin.

Eigenthümliche Nebenerscheinung der Entladung.

§. 1894. Obgleich der Zitterrochen und der Zitteraal andere Geschöpfe betäuben oder tödten und die Muskeln der Froschpräparate zu Zuckungen zwingen können, so ziehen sich doch ihre eigenen Verkürzungsgebilde in dem Augenblicke der Entladung nicht zusammen. Hat ein solches Thier eine Reihe von Schlägen rasch hinter einander ausgetheilt, so wird seine elektrische Kraft für den Augenblick erschöpft. Diese Ermüdung schwindet erst nach einer gewissen Erholungszeit, wie in den Muskeln. Man kann daher das ermattete Thier ohne Nachtheil anfassen. Es zeigt aber dann eben so wenig eine Spur von Betäubung, als es ein Schmerzenszeichen oder irgend ein Empfindungsmerkmal in dem Momente der kräftigsten Entladung verräth. Der Körper des Zitterfisches scheint mit einem Worte von den sensiblen und motorischen Folgen seines eigenen Elektricitätsschlages befreit zu sein.

Ursache der elektrischen Wirkung.

§. 1895. Die äußere Aehnlichkeit mit einer galvanischen Säule, welche die einzelnen Abtheilungen der elektrischen Organe des Zitterrochens und des Zitteraales darbieten (§. 1885.), haben zunächst zu der Vermuthung geführt, daß sich die verschiedenen Bestandtheile der Blättchen und die zwischen diesen befindliche Flüssigkeit wie das Kupfer, das Zink und der feuchte Leiter einer galvanischen Säule (§. 230.) verhalten. Die große Berührungsoberfläche (§. 1886.) bildet die Hauptursache der so kräftigen Entladungen der Zitterfische. Da aber der Schlag nur unter der Beihilfe der augenblicklichen Nerventhätigkeit, nicht aber ohne sie bei jeder beliebigen Verbindung zu Stande kommt, so folgt, daß die elek-

trischen Organe keine fertigen Batterieen, deren Pole nur vereinigt zu werden brauchen, darstellen. Die lebendige Nervenwirkung liefert vielmehr erst ein wesentliches Zwischenglied, das die Entladung selbst möglich macht.

§. 1896. Die negative Stromesschwankung (§. 1846.) begleitet vermuthlich die Thätigkeit der elektrischen Nerven eben so gut, als die der übrigen Primitivfasern. Man könnte daher in ihr die Hauptursache der Entladung zu finden glauben. Der außerordentliche Nervenreichthum würde hier kräftigere Wirkungen, als in anderen Theilen einleiten. Man könnte sich sogar denken, daß die Aehnlichkeit mit der galvanischen Säule nur auf Schein beruht, daß der ganze Bau der elektrischen Werkzeuge darauf berechnet wäre, ein großes Flächengerüst für den Verlauf der zahlreichen Spaltungsäste der elektrischen Nervenfasern zu liefern. Geht der positive Strom senkrecht auf den Nervenfasern dahin (§. 1893.), so hinge dieses vielleicht mit dem Wechsel der elektrischen Zustände der Nervenmolecüle zusammen. Die beträchtliche Elektricitätsentladung der Zitterfische bilde daher keine eigenthümliche Erscheinung, sondern nur einen durch die Nebeneinrichtungen begünstigten Fall der elektrischen Veränderungen, welche die Nerventhätigkeiten überhaupt begleiten. Man sieht aber leicht, daß man sich hier nur in unsichere Vermuthungen zu verlieren gezwungen wird, so lange keine feineren Untersuchungen der elektrischen Organe und der Nerven derselben vorliegen.

Vergleich der Nerventhätigkeiten mit den Inductionserscheinungen.

§. 1897. Man hat häufig die Nerventhätigkeit mit den elektrischen Inductionswirkungen zusammengestellt. Die Vergleichung beider Erscheinungen führt in der That zu manchen wirklichen und zu anderen unvollkommenen Parallelverhältnissen.

§. 1898. Die Stärke der Induction wächst mit der Länge des inducirenden Erregers (§. 246.). Die Muskelzusammenziehung nimmt mit der Größe der Bahnstrecke des Nerven, die der als Reizmittel thätige Elektricitätsstrom durchsetzt oder anregt, zu. Der inducirte Strom entsteht nur in dem Augenblicke des Schlusses oder in dem der Oeffnung der inducirenden Strömung (§. 243.). Diejenigen Froschpräparate, welche doppelt antworten (§. 1855.) und keine Wechselkrämpfe während des Geschlossenseins der Kette darbieten, liefern eine analoge Erscheinung. Wir haben endlich schon die Aehnlichkeiten, welche der Elektrotonus darbietet, §. 1837 kennen gelernt.

§. 1899. Das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven (§. 1853.) schränkt schon den vollkommenen Vergleich mit den Inductionserscheinungen wesentlich ein. Der Nerv antwortet dann nur im Augenblicke des Schlusses, nicht aber in dem der Oeffnung der Kette. Der Inductionsstrom macht sich dagegen in beiden Fällen geltend.

§. 1900. Eine andere Aehnlichkeit, die schon an und für sich gezwungener erscheint, läßt sich eben so wenig vollständig durchführen. Der inducirte Schließungsstrom ist dem inducirenden Schlußstrome entgegengesetzt, während der inducirte Oeffnungsstrom mit diesem Letzteren

übereinstimmt (§. 243.). Ein central gerichteter Strom giebt daher z. B. dieselbe Inductionsrichtung bei dem Schlusse, welche der peripherische bei der Oeffnung liefert, und umgekehrt. Zwei entgegengesetzt gerichtete Ströme wirken in dieser Hinsicht in ähnlicher Weise, wie in den einseitig thätigen Froschpräparaten, in welchen z. B. der peripherische Strom eine Schließungs- und der centrale eine Oeffnungszuckung darbieten oder das Umgekehrte durchgreift (§. 1862.). Da aber viele andere Verhältnisse und Folgeerscheinungen hier auftreten können (§. 1869.), so ergiebt sich, daß man es hier mit einer zum Theil gesuchten und nicht ganz befriedigenden Aehnlichkeit zu thun hat.

§. 1901. Die einzelnen nahe bei einander liegenden Windungen einer langen Drathspirale können gegenseitig inducirend wirken (§. 247.). Wir haben hier schon eine Veränderung der eigenen Masse, die gewissermaaßen entfernt an den Elektrotonus (§. 1836.) der Nerven erinnert. Da aber dieser während des Geschlossenseins der Kette fortdauert, so läßt sich die Erscheinung eher mit der Magnetisirung eines in der Inductionsspirale befindlichen Eisenkernes (§. 248.) oder der Drehung der Polarisationsebene (§. 256.) vergleichen. Man sieht aber leicht, daß der eine gewisse Strecke weit von Atom zu Atom fortschreitende Elektrotonus (§. 1840.) auch diese Parallele unvollkommen macht.

§. 1902. Fassen wir Alles zusammen, so kehrt der vorzugsweise Einfluß der schnellen Abgleitung in den Inductions-, wie in den Nervenströmen wieder. Beiderlei Erscheinungen gehorchen weit leichter den äußerst raschen Veränderungen der elektrischen Zustände von einem Zeittheilchen zum anderen. Sie unterscheiden sich hingegen in vielen anderen Verhältnissen in wesentlicher Weise. Die außerordentliche Empfindlichkeit und Beweglichkeit der Nervenmolecüle führt hier zu zahlreichen Folgewirkungen, die wir an den gewöhnlichen todten Gliedern der Inductionsvorrichtungen nicht wahrnehmen.

Vergleich der Muskelzusammenziehung mit dem Elektromagnetismus.

§. 1903. Die Art und Weise, wie die Bewegungsnerven die Muskeln zur Verkürzung zwingen, läßt sich in mancher Hinsicht mit der durch eine Inductionsspirale bedingten Magnetisirung des Eisens vergleichen. Beide Substanzen, die Muskelfasern wie der Eisenkern, erleiden dann eine wesentliche Molecularveränderung. Beide werden allmählig weicher (§. 1283.) und ändern ihre Durchmesser. Der Magnetismus des Eisens schwindet aber unmittelbar nach dem Oeffnen des elektrischen Stromes, während die Verkürzung der Muskeln unter günstigen Verhältnissen nachwirken kann. Die Muskeln ändern ihre Form in ganz verschiedener Weise und bei Weitem kräftiger (§. 1275.). Die Erschöpfung verkürzt zuerst die Zeitdauer des Verharrens in dem zusammengezogenen Zustande und macht endlich die Verkürzung selbst unmöglich. Die Ruhe kann die früheren Kräfte von Neuem herstellen. Alles dieses beweist, daß wir es hier wieder mit einer eigenthümlichen, leicht veränderlichen Masse, die zu einer besonderen Reihe von Inductionsfolgen führen muß, zu thun haben.

§. 1904. Die auf dem Contactwege zu Stande kommende Mittheilung der örtlich erregten Veränderung des Nervenmarkes (§. 1832.) nimmt eine gewisse Zeitgröße in Anspruch. Man hat hier eben so gut eine bestimmte Fortpflanzungsgeschwindigkeit, wie in anderen mechanischen Vorgängen. Diese fällt für die Elektricität noch größer, als für das Licht aus. Der zeitliche Secundenwerth beträgt 422 Millionen Meter für jene und 283 Millionen für diese. Wären Nervenagens und Elektricität das Gleiche, so würde die Mittheilung in einer unendlich kleinen Zeit bei den verhältnißmäßig kurzen Bahnstrecken, welche selbst die größten Thiere darbieten, vor sich gehen. Die Gründe, welche gegen diese Zusammenstellung sprechen (§. 1834.), und der oft merkliche physiologische Leitungswiderstand (§. 1883.) scheinen anzudeuten, daß sich das sogenannte Nervenprincip weit langsamer, als das elektrische Fluidum fortbewegt. Die unbedeutenden Längen der Nerven können immer noch die größte Pünktlichkeit bei einer beträchtlich kleineren Geschwindigkeit möglich machen.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenwirkung.

§. 1905. Das Nervenprincip der Empfindungsfasern wird im Centrum in eine entsprechende Wahrnehmung und das der Bewegungsfasern in den Muskeln in Verkürzung übersetzt. Regt man nun einen Nervenstamm örtlich an, so liefert der zwischen der beschränkten Reizung und der entsprechenden Wirkung liegende Zeitunterschied die Größe, die zur Fortpflanzung in den gegebenen Strecken der Nervenfasern und der entsprechenden Uebersetzung nöthig ist.

§. 1906. Hält man den Nagel des Zeigefingers an ein sich drehendes Zahnrad, so kann man noch hundert Einzelstöße in der Secunde wahrnehmen. Schlägt man den Weg, der bis zu den Centralwerkzeugen durchlaufen werden muß, zu einem Meter an und berücksichtigt, daß jede Empfindung eine gewisse Nachdauer hat (§. 1536.), so ergiebt sich, daß die Fortpflanzung und die Uebersetzung eine Geschwindigkeit von mehr als 100 Meter für die Secunde darbieten.

§. 1907. Helmholtz richtete sich einen galvanischen Erregungsapparat, in dessen Kette ein Galvanometer eingeschaltet war, so ein, daß der Reiz den Nerven im Augenblicke des Schlusses traf, die bis zu einem gewissen Grade fortgeschrittene Muskelverkürzung dagegen die Kette öffnete. Die Größe des Ausschlages der Magnetnadel läßt dann die Zeit des Geschlossenseins mittelbar bestimmen. Diese entspricht daher der Fortleitung der Erregung der Primitivfasern, der Uebersetzung in Muskelverkürzung und einer gewissen Dauer der Letzteren. Der Hüftnerv getödteter Frösche lieferte eine mittlere Secundengeschwindigkeit von 32,4 Meter.

§. 1908. Ein geübter Clavierspieler konnte ungefähr 10 Mal in der Secunde seinen Mittelfinger beugen und strecken. Nehmen wir $1/_{20}$ Secunde für jede einzelne Muskelverkürzung und etwas mehr als 1 Meter für den Weg von dem Gehirn bis zu den Fingerbeugern (*p*, Fig. 266, S. 424.) an, so erhalten wir etwas mehr als 20 Meter Secunden-

schnelligkeit für die Verarbeitung des Willensbefehles, die Fortpflanzung der Erregung, die Uebertragung in Muskelverkürzung und die Dauer der Zusammenziehung. Das rasche Sprechen kann wahrscheinlich größere Geschwindigkeitswerthe anzeigen.

Zusammenheilung verschiedenartiger Nervenfasern.

§. 1909. Die Nervenfasern bilden die Verbindungsglieder zweier Uebertragungswerkzeuge, eines centralen und eines peripherischen (§. 1904.). Die Empfindungsfasern leiten dabei ihre Erregungen scheinbar nur central und die Bewegungsfasern die ihrigen peripherisch fort (§. 1707.). Es frägt sich aber, ob dieses nicht etwa nur deshalb der Fall ist, weil jene ihre entsprechenden Verarbeitungsmittel einzig und allein im centralen Nervensysteme und diese bloß in den peripherischen Muskelmassen besitzen, ob sie sich nicht an und für sich gleichgültiger verhalten und eine Veränderung, die sie mitten in ihrem Laufe trifft, nach beiden Seiten hin central und peripherisch fortpflanzen. Es wurde schon §. 1836 und §. 1849 angeführt, daß dieser Fall für den Elektrotonus und die negative Stromesschwankung allerdings eintritt. Es läge daher nahe, das Gleiche für die übrigen Erscheinungen anzunehmen.

§. 1910. Man hat die Frage auf dem Versuchswege zu lösen gesucht. Denkt man sich, *ac*, Fig. 404, sei der centrale Theil eines sensiblen und *db* der peripherische eines Bewegungsnerven, die in dem Knoten *cd* zusammengeheilt worden (§. 1066.), so mußte ein Reiz, der *ac* trifft, Muskelverkürzungen herbeiführen, wenn die Erregung nach beiden Seiten hin central oder peripherisch fortgeht. Wäre aber dieses nicht der Fall, so würde die Erregung von *db*, nicht aber die von *ac*, Verkürzungen einleiten. Die Versuche, welche Bidder an den Zungenzweigen des dreigetheilten und des Zungenfleischnerven (§. 1742.) des Hundes anstellte, scheiterten daran, daß die Knollen die gleichartigen Nervenstümpfe mehr oder minder zu umfassen pflegten. Man war daher nicht sicher, ob sich nicht entsprechende Fasern verbunden hatten. Man kann nur nach den §. 1909 angeführten theoretischen Verhältnissen vermuthen, daß diese Beobachtungen bejahende Ergebnisse unter glücklicheren Verhältnissen liefern würden.

Fig. 404.



§. 1911. Eine von Floureus gemachte Erfahrung scheint die Frage für die Willensleitung der einzelnen Bewegungsnerven unmittelbar zu entscheiden. Waren die Nerven, welche die obere Fläche des Flügels eines Hahnes versorgen, mit denen, die zur unteren Seite verlaufen, zusammengeheilt worden, so wichen später die Bewegungsverhältnisse von denen eines gesunden Thieres nicht ab. Die Reizung des centralen Abschnittes führte zu den gleichen Verkürzungen, wie in dem unverstümmelten Geschöpfe.

Nervenerzeugung in den Endgeflechten.

§. 1912. Wir haben schon §. 1700 bemerkt, daß die Anastomosen und die Plexus die Nervenfasern auf das Verschiedenartigste mischen, daß sich aber die Anwesenheit der Endgeflechte aus dieser Thatsache nicht

erklären läßt. Sie dürften vielmehr die Masse des Nervenmarkes vergrößern und die wechselseitige Berührung der einzelnen Fasern vervielfältigen. Man könnte sich vorstellen, daß hierbei eine Faser auf die andere wirkt, daß sich die Erregungen gegenseitig mittheilen. Manche Erscheinungen deuten allerdings darauf hin, daß etwas der Art unter gewissen Nebenbeschränkungen Statt zu finden vermag.

§. 1913. Die Speiseröhre zieht sich unter dem Einflusse der verschiedensten Wurzeln des herumschweifenden oder des Beinerven zusammen. Die gleichen Bezirke scheinen bisweilen die Erregungen der mannigfachsten Nervenstränge, so weit es das freie Auge beurtheilen kann, erwiedern zu können. Sollte dieses wahrhaft der Fall sein, so läge die Vermuthung nahe, daß die Veränderung der einen Faser der Endgeflechte einen Molecularwechsel in einer benachbarten einleitet. Ein Nadelstich, der eine beschränkte Stelle des Herzens trifft, führt zu einem mehr oder minder vollständigen Herzschlage (§. 1796.). Sollten keine mechanischen Ursachen dieser Erscheinung zum Grunde liegen (§. 1796.), so hätte man auch hier eine Mittheilung in den Endbezirken der Nervenverbreitung. Ein örtlicher Reiz des Wadenmuskels zwingt diesen in sehr seltenen Fällen zu einer Gesammtverkürzung. Nimmt man an, daß keine Täuschung, keine Fortpflanzung des Druckes auf größere Nervenzweige das Ergebniß bedingt, so würde die Mittheilung auch in den Endgeflechten nicht gangliöser Nerven durchgreifen. Die §. 1714 angeführten Beobachtungen lehren aber, daß etwas der Art in den größeren Nervenzweigen nicht auftritt. Da die paradoxe Zuckung (§. 1845.) von dem Elektrotonus und nicht von der negativen Stromesschwankung herrührt, so könnte diese nur entweder dadurch thätig sein, daß besondere Begünstigungsmittel in den Endgeflechten selbst vorliegen oder daß der Wechsel der elektrischen Zustände des Nerven auf die Muskelfasern unmittelbar einwirkt. Eine sogleich zu betrachtende Erscheinung spricht aber ziemlich entschieden gegen jene erstere Voraussetzung.

§. 1914. Der inducirte Strom, der im Augenblicke des Schlusses entsteht, geht in einer der inducirenden Strömung entgegengesetzten Richtung dahin (§. 245.). Griffe nun eine ähnliche Erscheinung in den Nerven durch, so müßte die peripherische Erregung der Bewegungsnerven eine centrale in den benachbarten Empfindungsfasern herbeiführen. Es ließe sich daher erwarten, daß die Reizung der von dem Rückenmarke losgeschnittenen Bewegungswurzeln (§. 1720.) ausgedehnte Reflexverkürzungen (§. 1717.) nach sich zöge. Die Erfahrung lehrt aber, daß dieses nicht der Fall ist. Nur kräftige elektrische Eingriffe, welche einen starken Elektrotonus herbeiführen, können eine solche Nachwirkung aus leicht begreiflichen Gründen herbeiführen (§. 1845.). Die bloßgelegten Muskeln regen zwar hin und wieder ebenfalls Reflexbewegungen an. Diese treten aber seltener auf und pflegen selbst dann schwächer auszufallen. Der Verdacht, daß die den Muskel durchdringenden Empfindungsfasern mitwirken (§. 1721.), läßt sich in solchen

Fällen nicht vollständig beseitigen. Da überdies die Erregung einer von dem Rückenmarke losgeschnittenen Empfindungswurzel keine Muskelbewegungen bedingt (§. 1720.), so sieht man, daß die bisherigen Erfahrungen die Annahme der Mittheilungen in den Endgeflechten eher, als die der Inductionswirkungen zu unterstützen scheinen.

Physiologische Beziehungen der Theilung der Nervenfasern.

§. 1915. Die Theilungen der Nervenfasern (§. 1698.) bieten keine physiologischen Schwierigkeiten dar, so lange die Spaltungsäste keine wesentlich verschiedenen Organe oder Bezirke, die mit dem Selbstbewußtsein verbunden sind, aufsuchen. Wir glauben zwar im gewöhnlichen Leben, daß wir die Oertlichkeit eines jeden feinsten Nadelstiches genau erkennen. Wir haben aber schon §. 1651 gesehen, daß dieses in der That nicht der Fall ist. Giebt es aber eine größere, mit der Feinheit der Tastempfänglichkeit schwankende Größe der Unbestimmtheit der Wahrnehmung (§. 1653.), so können sich immerhin die Spaltungszweige in jener Gegend verbreiten. Es wird dann ziemlich gleichgültig bleiben, ob die Erregung in dem einen oder dem anderen Aste der Primitivfaser ursprünglich fortgeht. Die Gesammtverkürzung größerer Muskelbündel (§. 1913.) macht den gleichen Schluß für die den Bewegungsnerven zukommenden Theilungen möglich. Ließe sich dagegen nachweisen, daß der eine Zweig einer Empfindungsfaser zur Fingerspitze und ein zweiter zur Handfläche verliefe, so bliebe es allerdings räthselhaft, weshalb wir die Oertlichkeit eines Nadelstiches, der eine der beiden genannten Stellen trifft, mit verbundenen Augen unterscheiden können. Die Eigenthümlichkeiten der Vorbereitungswerkzeuge (§. 1650.) wären nicht im Stande, diese für die Vollkommenheit der Sinne so wesentliche Erscheinung genügend aufzuklären. Die meisten der bis jetzt beobachteten Theilungen gehörten den Endbezirken der Nervenverbreitung oder den Nerven der Eingeweide, in denen die örtliche Sonderung mit geringerer Schärfe durchgreift, an. Die Frage, ob jener Fall, der die Annahme der gesonderten Leitung erschüttern würde, in der Natur wahrhaft vorkommt, muß der Entscheidung der Zukunft überlassen bleiben.

Physiologische Verhältnisse der Nervenenden.

§. 1916. Die bis jetzt bekannten physiologischen Verhältnisse liefern keinen Fingerzeig, wie die Nervenfasern aufhören oder anfangen müssen. Sie führen weder mit Nothwendigkeit zur Annahme freier Nervenenden, noch zur Unmöglichkeit der schlingenartigen Verbindung oder des netzartigen Zusammenflusses gleichartiger Nervenfasern (§. 1702.).

Beziehungen der Ganglienkugeln.

§. 1917. Die feineren Beziehungen der Ganglienkugeln sind bis jetzt so gut als gänzlich verborgen geblieben. Die Knoten der hinteren Rückenmarkswurzeln (§. 1719.) hindern es nach Du Bois keineswegs, daß sich der Elektrotonus (§. 1836.) oder die negative Stromesschwankung (§. 1846.) auf die Fasern des Hüftgeflechtes (*abcd*, Fig. 372, S. 539.) fortpflanzt. Da nicht alle Fasern, die in das Ganglion eintreten, von den Ganglienkugeln unterbrochen werden (§. 1770.), so läßt sich hieraus noch nicht schließen, daß diese keinen Einfluß auf die mit ihnen enger zusammenhängenden Primitivfasern ausüben. Man muß

aber auch anderseits bedenken, daß es noch nicht entschieden worden, wie sich das Nervenmark der doppelten Fortsätze zu der Ganglienkugel selbst verhält (§. 1769.), ob hier eine Unterbrechung der gewöhnlichen Leitungsmasse Statt findet und die Substanz der Ganglienkugel die Erregung fortpflanzen muß. Berücksichtigt man übrigens, daß viele Anschwellungen weit mehr Nervenkörper als Nervenfasern enthalten (§. 1770.), so ergiebt sich jedenfalls, daß die Ganglienkugeln gewisse selbstständige Wirkungen, die sich erst den Nervenfasern oder anderen benachbarten Geweben mittheilen, entwickeln werden.

§. 1918. Manche Erscheinungen, die man den Thätigkeiten der Nerven oder der Ganglien zuzuschreiben pflegt, rühren nicht unmittelbar von diesen, sondern von anderen Gewebtheilen her. Wir sind gewohnt, die Einflüsse der betäubenden Gifte mit denen der Nerven in Beziehung zu bringen. Man erklärt es auf diese Weise, weshalb sich das Sehloch des Auges (*c*, Fig. 171, S. 288.) erweitert, wenn man einige Tropfen einer Lösung des Bilsenkraut- oder des Tollkirschenauszuges in den Bindehautsack (*d*, Fig. 171.) eingeträufelt hat. Die vergleichende Physiologie widerlegt jedoch jene Voraussetzung. Die Vergrößerung der Pupille kehrt nur in den Säugethieren, deren Regenbogenhaut einfache, nicht aber in den Vögeln, deren Iris quergestreifte Fasern hat, wieder. Die Regenbogenhäute beider Thierklassen schließen aber zahlreiche Nervenfasern, die zum Theil den Augenknoten (§. 1726.) oder andere Ganglien (§. 1786.) durchsetzt haben, ein. Die Eigenthümlichkeit der Verkürzungsgebilde tritt daher hier sichtlicher, als der Einfluß der Nerven hervor (vgl. §. 1301.). Einflüsse der Natur der Verkürzungsgebilde.

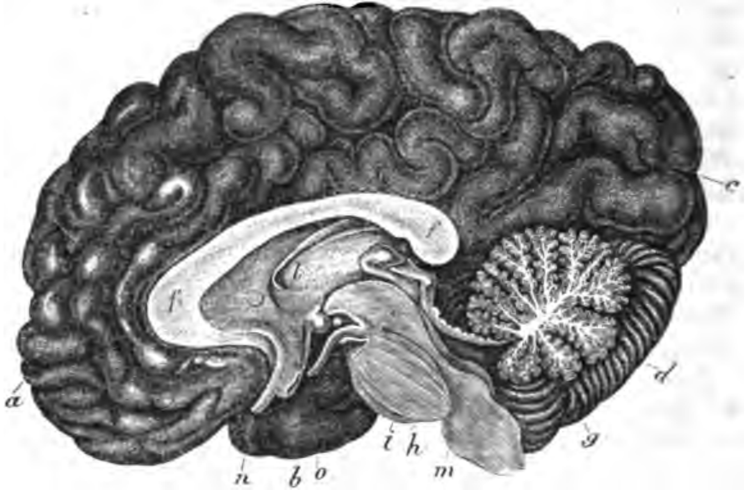
§. 1919. Das centrale Nervensystem oder das Gehirn und das Rückenmark enthalten zunächst zweierlei Hauptmassen, eine weiße Mark- und eine graue oder grauröthliche Rindensubstanz. Betrachtet man z. B. einen in der Mitte senkrecht durchgeführten Längenschnitt eines Menschengehirns, wie ihn Fig. 405 (s. f. S.) darstellt, so findet man die graue Masse an den Oberflächen der Windungen des großen (*abc*) und des kleinen Gehirns (*d*), und die rein weiße in dem Balken (*ff*), dem Gewölbe (*l*), der durchsichtigen Scheidewand (zwischen *f* und *l*), dem Ciliarkörper (*g*) u. dgl. mehr. Ein Querschnitt des Rückenmarkes (*ab*, Fig. 406, S. 607.) hat nach außen weiße und in der Mitte graue Nervenmasse. Weiße und graue Nervenmasse.

§. 1920. Diese zwei Gewebearten des centralen Nervensystems entsprechen im Wesentlichen den beiden Hauptbestandtheilen des peripherischen. Die weiße Substanz enthält centrale Primitivfasern, die graue dagegen Zellengebilde (Taf. V. Fig. LXXVI. a.), die in mehrfacher Hinsicht an Ganglienkugeln (Taf. V. Fig. LXXIV.) erinnern.

§. 1921. Man kann sich an den Rückenmarkswurzeln (*de*, Fig. 373, S. 541.) überzeugen, daß sich eine jede ihrer peripherischen Nervenprimitivfasern (Taf. V. Fig. LXVIII.) in eine centrale unmittelbar fortsetzt. Diese besitzt einen ähnlichen Markinhalt und eine zarte einfache Scheide. Sie pflegt aber einen geringeren Querdurchmesser von vorn Centrale Nervenfasern.

herein darzubieten oder sich später merklich zu verschmälern. Die grö-

Fig. 405.



ßere Zartheit und der Mangel zellgewebiger Massen (Taf. III. Fig. XL.), wie sie sonst zwischen den peripherischen Nervenbündeln vorkommen (§. 1694.), bedingen es, daß die ursprünglich cylindrischen centralen Fasern durch Druck oder andere Mißhandlungen nicht selten varicös werden (Taf. V. Fig. LXVIII. d.).

§. 1922. Da die Theilungen der Nervenfasern (Taf. V. Fig. LXX.) in dem peripherischen Nervensysteme häufig vorkommen (§. 1698.), so liegt die Vermuthung nahe, daß sich etwas Aehnliches in dem Gehirn und dem Rückenmarke wiederholen werde. Die Erfahrung hat bis jetzt die Richtigkeit dieser Annahme noch nicht zweifellos dargethan. Lassen wir die Trugbilder, welche die verschiedenen Faserlagen darbieten können, bei Seite, so findet man allerdings Spaltungen gesonderter Fasern in seltenen Fällen. Es frägt sich aber, ob man hier nicht bloße Kunsterzeugnisse vor sich hat. Das Nervenmark fließt nämlich leicht in verschiedenen Richtungen aus. Der Schein einer Seitenverzweigung kann sich dann um so eher geltend machen, als die Hüllen ihrer Zartheit wegen ohne künstliche Hilfsmittel, wie z. B. die Einwirkung der Essigsäure, nicht wahrgenommen werden. Hat die Fäulniß tiefer durchgegriffen, so zerfällt der Markinhalt, wenn er bei der Präparation gedrückt oder gezerrt worden, in einzelne Tropfen (Taf. V. Fig. LXXV.), die meistentheils einfach, bisweilen aber auch gabelig erscheinen.

Centrale Ganglienkugeln.

§. 1923. Zeichnen sich schon die centralen Primitivfasern den peripherischen gegenüber durch ihre Zartheit aus, so kehrt das Gleiche in noch höherem Grade für die Ganglienkugeln wieder. Jede irgend rohe Behandlung der grauen Masse stört den natürlichen Zusammenhang so sehr, daß man nur eine feinkörnige graue bis grauröthliche Substanz

mit Ueberresten von Kernen und Kernkörperchen bemerkt. Der Mangel festerer zellgewebiger Zwischengebilde (§. 1921.) begünstigt hierbei die Verwirrung in wesentlicher Weise.

§. 1924. Die mannigfachen grauen Bezirke des centralen Nervensystems zeigen hierbei eine weit größere Menge von Formverschiedenheiten, als die einzelnen peripherischen Nervenknoten. Man findet bisweilen sehr große Ganglienkugeln (Taf. V. Fig LXXVI.), deren Grundmasse (*a*) blaß und nur an einzelnen Stellen auffallender gekörnt erscheint (*b*). Der Kern (*c*) bildet ein helles Bläschen (*d*). Die Grundsubstanz anderer zum Theil kleinerer Ganglienkugeln besteht überall aus Körnchen. Diese entscheiden es auch, welche Farbe sich dem freien Auge darstellt. Ist nämlich eine größere Zahl von Ganglienkugeln der zuerst genannten Art zusammengehäuft, so hat das Ganze eine blasse weißgraue Färbung. Bedeutendere Mengen von Ganglienkugeln der zweiten Klasse liefern ein grauröthliches Aussehen.

§. 1925. Das Verhältniß der Größe der Grundmasse zum Kern wechselt ebenfalls in hohem Grade. Dieser kann einen nur kleinen Bruchtheil (Taf. V. Fig. LXXVI.) oder umgekehrt einen bedeutenden Abschnitt des Ganzen bilden. Die Formen und der absolute Umfang schwanken hierbei in hohem Grade. Während die Taf. V. Fig. LXXVI. abgebildeten Ganglienkugeln des Rückenmarkes, die des elektrischen Lappen der Zitterfische (§. 1890.) schon mit freiem Auge erkannt werden, fodern andere eine Vergrößerung von zwei- bis dreihundert im Durchmesser. Man begegnet endlich noch einzelnen Gestalten, die sich auf den Typus der Zelle, des Kernes und der Kernkörperchen nicht zurückführen lassen, und einfachere Körner oder bloße Anhäufungen kleiner Kugelgebilde darstellen. Ein gleichartiges, farbloses, halbflüssiges, ziemlich zähes und wahrscheinlich eiweißreiches Bindemittel vereinigt immer die Festgebilde wechselseitig.

§. 1926. Wir haben schon §. 1890 gesehen, daß die centralen Ganglienkugeln der elektrischen Lappen der Zitterrochen graue bis grauröthliche Fortsätze entlassen. Etwas Aehnliches kehrt in den grauen Massen der übrigen Wirbelthiere häufig wieder (Taf. V. Fig. LXXVI. e.). Da die peripherischen Ganglienkugeln entsprechende, theils marklose (Taf. V. Fig. LXXIV. b. c. d. e.), theils markige Fortsätze (Taf. V. Fig. LXXII. und LXXIII) aussenden, so frägt es sich, ob sich nicht das Gleiche in dem centralen Nervensysteme häufig wiederholt. Man bemerkt nun allerdings in seltenen Fällen, daß ein grauer Ganglienkugelast (Taf. V. Fig. LXXVI. f.) in eine ächte Markfaser (*g*) überzugehen scheint. Die genauere Einstellung des Brennpunktes (§. 1469 fgg.) des Mikroskopes oder die Bewegung des Präparates pflegen jedoch nachzuweisen, daß die Anschauung ein Trugbild lieferte. Man überzeugt sich meistentheils, daß die markige Primitivfaser dem Ganglienkugelfortsatze an- oder aufliegt. Erinnern wir uns aber dessen, was §. 1767 für die Ganglien angeführt worden, so läßt sich mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die centralen Primitiv-

Fortsätze der centralen Ganglienkugeln.

fasern mit den Ganglienkugelfortsätzen in innigerer Beziehung stehen werden.

Sammlung der peripherischen Nervenfasern in dem Gehirn und dem Rückenmark.

§. 1927. Da eine jede Primitivfaser einer Rückenmarkswurzel in eine centrale Faser übergeht (§. 1921.) und das Gleiche für die Ursprungsbündel der Hirnnerven wiederkehrt, so ergiebt sich von selbst, daß das Gehirn und das Rückenmark Repräsentanten aller Anfangstheile der Cerebrospinalnerven enthalten müssen. Es ist aber bis jetzt noch nicht gelungen, mehrere sich anknüpfende Hauptfragen selbst nur annähernd zu beantworten. Das Gehirn und das Rückenmark des kleinsten Wirbelthieres enthalten eine so große Menge zusammengedrängter und labyrinthisch verbundener mikroskopischer Bestandtheile, die Untersuchung stößt auf so außerordentliche Schwierigkeiten, sie muß immer auf so kleine Bezirke beschränkt bleiben, daß man wahrscheinlich noch nach Jahrhunderten nicht im Stande sein wird, eine irgend klare Uebersicht über diesen wichtigen Theil der Anatomie des Nervensystemes zu gewinnen.

Verhalten der Fasern im Rückenmarke.

§. 1928. Die graue Masse, die in dem Innern des Rückenmarkes vorkommt (§. 1919.) lehrt schon ohne Weiteres, daß dieses unmöglich nur einem Nerven, der alle Primitivfasern der Rückenmarkswurzel vereinigt hat, entspricht. Die Ganglienkugeln verleihen ihm eine höhere Bedeutung, deren physiologische Folgen uns später beschäftigen sollen. Da aber die bewußten Empfindungen und die Willensbefehle von dem Gehirn ausgehen, so frägt es sich, ob die centralen Fortsetzungen der Primitivfasern der Rückenmarksnerven bis zum Gehirn emporsteigen oder schon im Rückenmarke endigen und die Vermittelung mit dem Gehirn anderen Zwischengeweben anheimstellen.

§. 1929. Die Angaben einzelner Forscher, daß die centralen Fasern der Rückenmarksnerven kurz nach ihrem Eintritt in das Rückenmark frei enden, beruht wahrscheinlich auf Täuschungsbildern. Es wäre eher möglich, daß der Uebergang in Ganglienkugelfortsätze (§. 1767.) eine Endigung oder eine Verminderung der Zahl der fortlaufenden Fasern möglich machte, vorausgesetzt, daß in dem letzteren Falle weniger markige Fasern nach dem Gehirn, als nach dem Endtheile des Rückenmarkes hin vorhanden sind (§. 1927.).

§. 1930. Volkmann bemühte sich, die Frage durch den Vergleich des Querschnittes einer bestimmten Stelle des Rückenmarkes und der Summe der Querschnitte der schon eingetretenen Nervenwurzeln sicherer zu entscheiden. Gehen nämlich die Repräsentanten sämmtlicher Rückenmarkswurzeln nach dem Gehirn empor, so läßt sich scheinbar erwarten, daß der Querschnitt eines dem Hirn nahe liegenden Rückenmarksstückes mindestens eben so viel Oberfläche, als die Gesammtsumme der Querschnitte der bisher eingetretenen Nervenwurzeln darbieten wird. Dieser Schluß ist jedoch nicht so sicher, als es auf den ersten Anblick scheint. Die Nervenwurzeln enthalten reichliche Zellgewebemassen, die dem centralen Nervensysteme fehlen. Die Primitivfasern von diesem sind schmaler, als die von jenen (§. 1921.). Der Unterschied der Oberflächen

wächst aber dann in quadratischem Verhältnisse. Eine centrale Faser, die halb so dick, als eine peripherische ist, hat nur den vierten Theil des Querschnittes, den diese darbietet. Die graue Substanz kommt allerdings im Rückenmarke hinzu. Kann sie aber die eben erwähnten Abweichungen nicht ausgleichen, so wird die kleinere Querschnittfläche des Rückenmarkes keinen ganz bündigen Beweis für das frühere Ende der centralen Fasern liefern. Rechnet man nun noch hinzu, daß die schon §. 1929 erwähnten Verhältnisse der Ganglienkugelfortsätze und die vielleicht vorhandenen Theilungen der Nervenfasern verändernd einzugreifen vermögen, so ergiebt sich, daß hier jede sichere Schlußfolgerung vorläufig unmöglich zu sein scheint.

§. 1929. Der Uebergangstheil des Rückenmarkes in das verlängerte Mark (rechts von *m*, Fig. 405, S. 602.) fällt allerdings in den Fischen so dünn aus, daß man mit Recht annehmen darf, daß nur einzelne anatomische oder physiologische Aequivalente der sämmtlichen früher eingetretenen Rückenmarksfasern an jener Stelle vorhanden sind. Die Vögel und die Säugethiere bieten dagegen keine so auffallenden Verschiedenheiten dar. Die Frage, ob hier das Gleiche wiederkehrt, oder ob die höhere Ausbildung des Gehirns eine vollständigere Repräsentation der Rückenmarksfasern nach sich zieht, läßt sich vorläufig nicht entscheiden. Die physiologischen hier in Betracht kommenden Erscheinungen werden uns später beschäftigen.

Schwarze und gelbe Substanz.

§. 1930. Die rein weiße Markmasse besteht nur aus Anhäufungen von Primitivfasern, die neben einander verlaufen oder sich auf das Innigste wechselseitig verflechten. Es kommt nur selten, z. B. in den Großhirnschenkeln des Menschen, vor, daß sich Pigmentzellen (Taf. II. Fig. XXIX. und XXX.) in einzelnen Bezirken dazwischen drängen und eine dunklere Färbung, die sogenannte schwarze Masse, schon für das freie Auge erzeugen. Die meisten, scheinbar rein grauen Substanzen bieten noch vereinzelte Primitivfasern unter dem Mikroskope dar. Treten diese in größerer Menge auf, so wird die Gesammtmasse heller grau. Eine gewisse Mischung zahlreicher und gleichförmig vertheilter weißer Primitivfasern mit stark körnigen Ganglienkugeln führt zu einer gelben Färbung, wie man sie z. B. an den innersten Gränzbezirken des grauen Ueberzuges der Großhirnhemisphären des Menschen (*abc*, Fig. 405, S. 602.) häufig wahrnimmt. Die gelbe Farbe des elektrischen Lappen des Zitterrochen (§. 1890.) rührt von ähnlichen Verhältnissen her.

Hirn- und Rückenmarksfasern.

§. 1931. Der Umfang der reinen Markmassen des Gehirnes des Menschen, der Säugethiere und der Vögel fällt viel Mal größer aus, als der aller Hirn- und Rückenmarkswurzeln zusammengenommen. Manche Forscher glauben daher, daß eigene Hirn- und Rückenmarksfasern, d. h. Fasern, die nur den Centralgebilden angehören und mit keinem peripherischen Nerven unmittelbar zusammenhängen, vorhanden sind. So wahrscheinlich auch jene Ansicht sein mag, so hindert doch die Schwierigkeit der anatomischen Untersuchung, diesen Gedanken im Einzelnen zu bewei-

sen und erst auf diesem Wege wahrhaft zu befruchten. Ein Theil der Markanhäufungen entsteht wahrscheinlich dadurch, daß die Fortsetzungen der peripherischen Fasern Umwege beschreiben. Ein anderer dagegen geht vielleicht aus den markigen Fortsätzen der Ganglienkugeln hervor, sei es, daß sie nur Centralgebilde unter einander oder diese und peripherische Fasern wechselseitig verbinden.

Faserung des centralen Nervensystemes.

§. 1934. Man hat sich vielfach bemüht, die Faserungsverhältnisse des Gehirns und des Rückenmarkes der höheren Thiere dadurch zu entwirren, daß man Präparate, die in Weingeist, in Salpetersäure, in Kreosotlösung oder in anderen passenden Flüssigkeiten vorbereitet worden, mit freiem Auge zerfaserte. Eine sichere Erkenntniß der allein entscheidenden feineren mikroskopischen Verhältnisse konnte hierbei natürlich nicht gewonnen werden. Die geduldreiche Arbeit, einen größeren Gehirntheil Schnitt für Schnitt unter dem Vergrößerungsglase zu prüfen und sich hiernach Gesammtbilder zu entwerfen, wie sie von Stilling mit eisernem Fleiße für das verlängerte Mark vorgenommen worden, dürfte hier allein zum Ziele führen.

Thätigkeit der grauen und der weißen Massen.

§. 1935. Wir haben schon §. 1917 bemerkt, daß die Ganglienkugeln des peripherischen Nervensystemes gewisse eigenthümliche Wirkungen, die in den Nervenfasern fortgeleitet werden, entwickeln können. Dieser Unterschied der Erzeugung und der Fortpflanzung kehrt vermuthlich in dem centralen Nervensysteme ebenfalls wieder. Die grauen Massen liefern hier die vorzüglichsten Kräfteträger. Die centralen Primitivfasern dagegen theilen die übersetzte Erregung (§. 1904.) von oder nach dem peripherischen Nervensysteme mit und leisten wahrscheinlich ähnliche Botendienste für einzelne gesonderte Abschnitte des Gehirnes und des Rückenmarkes.

Mittheilung der Erregung in dem centralen Nervensysteme.

§. 1936. Die gegenseitige Mittheilung bildet eines der auffallendsten Thätigkeitsmerkmale des centralen Nervensystemes. Wir haben §. 1913 gesehen, daß die Bewegung einer Erregungsfaser eines peripherischen Nervenstammes eine benachbarte Empfindungsfaser in Ruhe läßt. Wechselseitige Uebertragungen kommen dagegen in dem Gehirn und dem Rückenmarke häufig vor. Die Reflexbewegungen und die von einzelnen Forschern angenommenen Reflexempfindungen entstehen durch die Nebenerregung ungleichartiger, die Mitbewegungen und die Mitempfindungen dagegen durch die gleichartiger Folgewirkungen.

Reflexbewegungen.

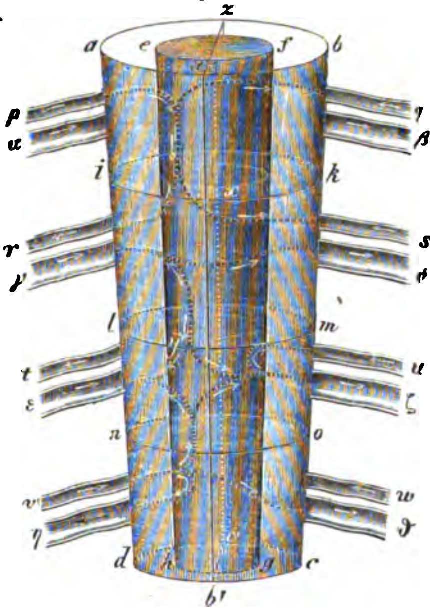
§. 1937. Die Reflexbewegungen werden dadurch erzeugt, daß ein Reiz, dessen Gegenwirkung nach dem centralen Nervensysteme centripetal fortschreitet, gewisse Bewegungsfasern von hier aus in Thätigkeit versetzt. Der ursprüngliche Empfindungseindruck zieht daher Muskelverkürzungen nach sich. Das Lachen und die oft unwillkührlichen Abwehrbewegungen, die der Kitzel bedingt, liefern ein hierher gehörendes Beispiel aus der Reihe der täglichen Lebenserscheinungen.

Gang der reflectorischen Mittheilung.

§. 1938. Die Reflexbewegungen setzen die Mitwirkung des centralen Nervensystemes und zwar wahrscheinlich immer die der grauen Mas-

sen desselben voraus. Denken wir uns *v*, Fig. 406, sei eine Empfindungsfaser, die in der Haut eines Gliedes endigt, so geht die centrale Erregung derselben bis zu der grauen Masse *efgh* des Rückenmarkes *abcd* fort. Sie kann hier entweder nur die entsprechende benachbarte Bewegungsfaser η oder zugleich die correspondirende paarige ϑ oder überdies noch entfernte Bewegungsfasern $\varepsilon\,\zeta$ mittelbar aufrütteln. Die punktirten Doppellinien und die Pfeile sollen dann die Richtungen, nicht aber die einzelnen Bahnen der Fortpflanzung der Reize diagrammatisch. versinnlichen.

Fig. 406.



§. 1939. Hat man einen Frosch enthauptet und drückt die eine Hinterzehe z. B. des rechten Hinterbeines nach einiger Erholungszeit mit der Pincette zusammen oder läßt man einen Tropfen Schwefel- oder Essigsäure auf die Haut desselben niederfallen, so kann man Reflexbewegungen in dem rechten, in beiden Hinterbeinen oder in allen vier Extremitäten erhalten. Die Ausdehnung dieser motorischen Gegenwirkung hängt vorzüglich von der Stärke des Reizes und der Größe der Empfänglichkeit des Präparates ab. Kräftige Erregungen führen auch zu verbreiteteren Wirkungen. Die Empfänglichkeit pflegt unmittelbar nach der Enthauptung in hohem Grade geschwächt zu sein. Die in der Ruhe möglich werdende Erholung führt später zu einem Zeitraume, in welchem ein die Zehen treffender Druck die lebhaftesten Reflexbewegungen herbeiführt. Das enthauptete Thier springt daher weit fort. Es scheint sich zu wehren und den Berührungskörper fortstoßen zu wollen, so wie man es auf den Rücken legt und die Bauchhaut anfaßt. Die Empfänglichkeit sinkt später wiederum nach und nach. Ein Druck, der die eine Zehe des rechten Hinterbeines trifft, liefert dann nur Gegenwirkungen in diesem und dem zweiten Hinterbeine oder einem Vorderbeine. Die letzten Reste der Empfänglichkeit verrathen sich endlich dadurch, daß nur die Muskeln des unmittelbar angegriffenen Hinterbeines und zwar am Ende bloß in einzelnen Bezirken Zuckungen darbieten.

Verschiedene Empfänglichkeit für Reflexbewegungen.

Einfluß der Reizstellen.

§. 1938. Hautreize ziehen Reflexbewegungen am Leichtesten nach sich. Drückt man z. B. eine Stelle des Hüftnerven des enthaupteten Frosches zusammen, so erhält man schon ungünstigere Erregungsbedingungen. Spricht man einen beschränkten Bezirk der Muskelmasse des Hinterbeines an, so bleiben die Gegenwirkungen noch leichter aus.

§. 1941. Der Eingriff, der die Haut trifft, muß eine gewisse Minimalgrenze in jedem Falle überschreiten. Man hat daher häufig Präparate, in denen ein leichter Druck versagt oder alle mechanische Erregungen erfolglos bleiben, während ein Säuretropfen zum Ziele führt. Leise, rasch wiederholte Eingriffe, wie z. B. das Kitzeln, das bestimmte Hautstellen (§. 1660.) trifft, können entsprechende Arten von Reflexbewegungen leicht zum Vorschein bringen.

Nachdauer der Reflexerregung.

§. 1942. Wir haben schon §. 1533 gesehen, daß die Sinneseindrücke eine gewisse Zeit lang nachklingen. Die Reflexwirkungen können verhältnißmäßig noch länger anhalten. Ein einziger Hautreiz erzeugt hier häufig einen Sturm von Gegenbewegungen, die einen merklichen Zeitraum fortspielen. Die Mittheilung vergrößert also den Wirkungskreis nicht bloß dem Raume, sondern auch der Zeit nach. Dieser zweite Erfolg kommt jedoch unter beschränkteren Bedingungen als der erste zum Vorschein. Er setzt eine größere, durch die vorangegangene Mißhandlung oder durch regelwidrige Stimmungszustände bedingte Beweglichkeit der Elemente des Rückenmarkes voraus. Man hat hier ein Seitenstück der doppelten Zuckungen des lebenden Nerven (§. 1855.) oder der Starrkrämpfe, die nach einzelnen Vergiftungen auftreten.

Nothwendigkeit der Continuität der Nervenmassen.

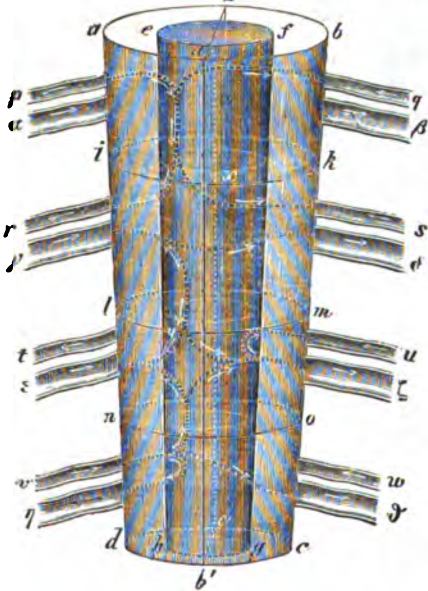
§. 1943. Die Reflexbewegungen setzen den natürlichen Zusammenhang der Leitungsbahnen eben so gut, als die Thätigkeiten der peripherischen Nerven voraus. Die Trennung der Empfindungsfaser (v, Fig. 406.) macht es daher unmöglich, daß die entsprechende Hautstelle Reflexbewegungen einleitet. Die bloße Durchschneidung der Bewegungsfaser (η, Fig. 406.) hebt natürlich nicht bloß die reflectorische, sondern auch die willkührliche Zusammenziehung (§. 1710.) der ihr angehörenden Muskelmassen auf.

Folgen der vollständigen Quertheilung.

§. 1944. Die Reflexbewegungen des enthaupteten Frosches (§. 1939.) lehren schon, daß die Quertheilung des centralen Nervensystems die Reflexwirkung desjenigen Abschnittes des Rückenmarkes, der seinen natürlichen Zusammenhang bewahrt hat, nicht beseitigt. Ein Reiz, der das eine Hinterbein trifft, führt dann noch zu Gegenwirkungen in allen vier Gliedern unter den günstigsten Nebenbedingungen (§. 1939.). Streicht man aber die Bindehaut des losgetrennten Kopfes eines Menschen oder eines Säugethieres, so können sich die Augenlider schließen, indem sich die Thätigkeit der Empfindungsfasern des dreigetheilten Nerven (§. 1729.) auf die von dem Antlitznerven (§. 1735.) stammenden Bewegungsfasern des Kreismuskels der Augenlider (pq, Fig. 171, S. 288.) in dem verlängerten Marke (bei hm, Fig. 405, S. 602.) überträgt.

§. 1945. Die Quertheilung des centralen Nervensystems kann mehrfach wiederholt werden, ohne daß die Möglichkeit der Reflerbewegungen gänzlich zu Grunde geht. Nur diejenigen Gebilde, die in der unmittelbaren Nachbarschaft der Verletzungsstelle liegen, pflegen nachdrücklicher zu leiden. Die entfernteren dagegen werden bloß durch den Querschnitt wechselseitig geschieden, so daß die Weite der möglichen Mittheilung geschwächt erscheint. Denken wir uns, pq, Fig. 407, seien die Empfindungs- und $\alpha\beta$ die Bewegungswurzeln der Vorderbeine, und vw und $\eta\vartheta$ die gleichen Gebilde der Hinterfüße des enthaupteten Frosches, so bedingt die in lm fallende Quertheilung des Rückenmarkes, daß die Empfindungsreize von v im günstigsten Falle Reflerbewegungen in den beiden Hinterbeinen ($\eta\vartheta$), nicht aber in den Vorderfüßen ($\alpha\beta$) zur Folge haben. Man kann auf diese Weise den Körper einer Schlange, den Schwanz einer Eidechse in einer Reihe von Abschnitten trennen, ohne daß jedes Bruchstück der einfachen Nervenverbreitung wegen seine Reflerthätigkeit aufgiebt.

Fig 407.

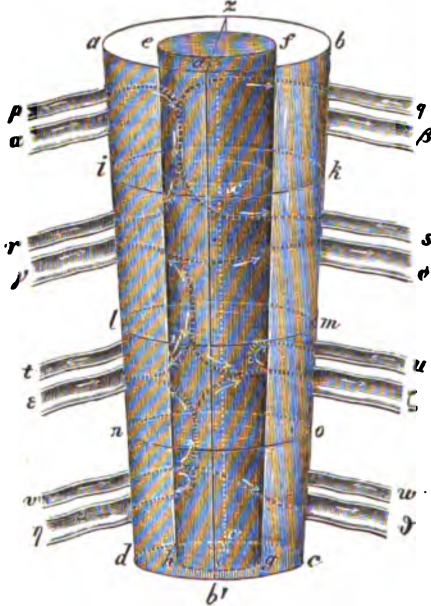


§. 1946. Unvollständige halbseitige Querschnitte, die nur eine Zwischenbrücke grauer Masse übrig lassen, heben die Möglichkeit der der Länge nach dahingehenden Mittheilung nicht auf. Hat man z. B. das Rückenmark rechts bis kx (Fig. 407.) und links bis ly durchschnitten, so kann ein Reiz, der in der Empfindungsfaser q des rechten Vorderbeines dahingeht, Reflerbewegungen in allen vier Füßen durch α, β, η und ϑ erregen. Die graue Masse xy macht dann den Eingriff unschädlich. Wird der Versuch in dem lebenden Frosche wiederholt, so ist das Thier im Stande, seinen vollständigen Willenseinfluß auf die Hinterbeine nach und nach wieder zu gewinnen. Die Quertheilung des Rückenmarkes desselben in no hebt dagegen den von dem Gehirn herabkommenden Willenseinfluß für die Hinterbeine und die in ab den für alle vier Extremitäten auf. Diese Verletzungen wirken daher um so ausgedehnter, je näher sie dem Gehirn zu liegen. Unvollständige Quertheilung.

§. 1947. Diejenigen Nerven, die sich in unmittelbarer Nähe des

vollständigen Querschnittes befinden, pflegen ihre reflectorischen Einflüsse einzubüßen, mithin z. B. *tu* und *εζ*, Fig 408, für die Quertheilung *lm*. Unvollständige Querschnitte (§. 1946.), die sehr nahe hinter einander folgen, können daher gleich den vollständigen hemmend eingreifen.

Fig. 408.



Folgen der Längstheilung.

§. 1948. Schneidet man das Rückenmark *abcd*, Fig. 408, eines enthaupteten Frosches in der Mitte *za'b'c'* der Länge nach durch, so wird die Möglichkeit der Quer-, nicht aber die der Längsleitung aufgehoben. Empfindungsreize, welche die sensible Faser *q* der Haut des rechten Vorderbeines treffen, liefern noch Reflexbewegungen in dem rechten Vorder- und dem rechten Hinterbeine, durch *β* und *ϑ*, nicht aber in den Extremitäten der linken Seite, durch *α* und *η*. Der nicht enthauptete Frosch kann dann noch alle vier Glieder willkührlich bewegen. Führt man den Längsschnitt weiter nach außen, so hängt viel davon ab, ob er sich noch in der grauen Masse *efgh*, oder in der weißen *fbcg* hält. Die Möglichkeit der Längenmittheilung ist immer noch in dem ersteren Falle gegeben, während sie in dem letzteren zu Grunde geht. Da nun viele centrale Empfindungs- und Bewegungsfasern in der weißen Substanz (*fbcg*, Fig. 408.) mehr oder minder nahe neben einander verlaufen, so ergiebt sich, daß sich die Erregungen der centralen Primitivfasern nicht unmittelbar mittheilen, daß wir hier kein einfaches Parallelstück der paradoxen Zuckung (§. 1845.) haben, sondern daß die sich dem freien Auge grau darstellenden Masse des centralen Nervensystems mitwirken muß.

Nothwendigkeit der Anwesenheit der Centraltheile.

1949. Die gänzliche Entfernung des Rückenmarkes hebt die Reflexbewegungen des Rückenmarkes, und die Zerstörung des verlängerten Markes (und des Gehirns) die Reflexwirkungen der Hirnnerven auf. Die peripherischen Primitivfasern der Nervenstämme verhalten sich daher, wie diejenigen centralen Fasern, welche ihre grauen Massen noch nicht erreicht haben. Die Mittheilung hängt daher nicht von den Unterschieden der Feinheit der Scheidengebilde beider Arten von Leitungsgeweben (§. 1921.) ab.

Reflexwirkungen der Eingeweide.

§. 1950. Wir haben bis jetzt nur die Reflexthätigkeiten der willkührlich beweglichen Muskelmassen im Auge behalten. Die Eingeweide können aber ähnliche Erscheinungen ebenfalls darbieten. Drückt man den Nahrungscanal eines enthaupteten Frosches stellenweise zusammen, so bewegen sich oft die Extremitäten auf das Lebhafteste. Hat man einen Frosch mit Aether so weit betäubt, daß ein die Zehen treffender Druck keine Reflexerscheinungen in dem Rumpfe und den Gliedmaaßen erregt, so kann man in glücklichen Fällen sehen, daß sich einzelne Abschnitte des Nahrungscanales nach jenem Eingriffe zusammenziehen oder das Herz, das früher ruhte, von Neuem schlägt. Die Ganglien hemmen also weder die centripetale Zuleitung der Empfindungs-, noch die centrifugale Fortpflanzung der Bewegungsreize. Es können sich Veränderungen, die von den peripherischen Enden des Sympathicus ausgehen, auf Cerebrospinalnerven, die dem Willen gehorchen, und umgekehrt Reize, welche die tastende Haut treffen, durch das Rückenmark auf die von dem Sympathicus beherrschten Eingeweide übertragen. Da aber die Gangliennerven negative Ergebnisse in dieser doppelten Hinsicht leichter als die Cerebrospinalnerven liefern, so darf man annehmen, daß sich hier wiederum gewisse eigenthümliche Bedingungen, wie für die Schmerzensempfindungen, darbieten werden.

Eigenthümlichkeit des Herzens.

§. 1951. Eine Erscheinung, die das Herz noch unter anderen Verhältnissen bisweilen zeigt, kann auch hier eine besondere Ausnahme herbeiführen. Es ereignet sich, daß der Schluß (§. 1241.) einer galvanischen Kette das ausgeschnittene Herz in seiner Ruhe stört und einen vollständigen Schlag der Vorhöfe (*ab*, Fig. 114, S. 195.) und der Kammer (*cde*, Fig. 115.) zum Vorschein bringt. Wird der Versuch mehrere Male wiederholt, so klopft nicht selten das Herz von selbst weiter fort. Der gleiche galvanische Strom bleibt aber dann häufig wirkunglos. Er beschleunigt den schon vorhandenen Herzschlag in keiner Weise. Diese Gleichgültigkeit des thätigen Herzens kann auch in den ätherisirten Fröschen wiederkehren. Derselbe Zehendruck, der das ruhende Herz aufweckte, hat hin und wieder gar keine Wirkung mehr, wenn die wieder erwachten Herzschläge eine Zeit lang fortdauerten.

Reflexthätigkeit der Ganglien.

§. 1952. Da die graue Substanz des centralen Nervensystems ein wesentliches Vermittelungsglied der Uebertragungserscheinungen bildet, (§. 1948.), so drängt sich die Frage, ob die grauen Massen des peripherischen Nervensystems, d. h. die Ganglienkugeln ähnliche Wirkungen möglich machen, von selbst auf. Die bis jetzt bekannten Thatsachen sprechen nicht dafür, daß eine solche Fähigkeit den Nervenknoten zukommt. Kitzelt man die Schleimhaut des Gaumens oder des Schlundes eines Säugethieres mit einem Federbarte, so entstehen reflectorische Schluck- oder Brechbewegungen. Hat man hingegen das verlängerte Mark entfernt, so fallen jene Folgewirkungen hinweg, obgleich der herumschweifende Nerv (§. 1744.) einen starken Knoten, der die entsprechenden Bewegungsfasern enthält, an dem Anfange seines peripherischen Verlaufes

darbietet. Man hat sich darauf berufen, daß die gesonderte Darmschlinge eines frisch getödteten Kaninchens (Fig. 249, S. 410.) in lebhaftere und ausgedehntere Wellenbewegungen (*da*, Fig. 249.) verfällt, wenn sie ihre natürliche Anheftung beibehalten oder wenigstens mit dem Gekröse (*hi*, Fig. 249.) herausgeschnitten worden, als wenn man dieses gänzlich entfernt hat. Die entsprechenden Ganglien des Sympathicus erzeugten daher hier Reflexbewegungen oder Mitbewegungen. Man kann sich aber überzeugen, daß ausgedehntere und wiederholte Wellenbewegungen die Anwesenheit der gangliösen Theile nicht immer voraussetzen. Diese scheinen nur den Erfolg begünstigen zu helfen.

Begünstigung der Reflexbewegungen.

§. 1953. Da die Reflexbewegungen nicht nach jedem beliebigen Hautreize auftreten, so ergiebt sich, daß gewisse Nebenbedingungen den Durchbruch der Uebertragung unterstützen müssen. Vergleicht man in dieser Hinsicht ein unversehrtes mit einem enthaupteten Thiere, so findet man, daß dieses weit eher Reflexerscheinungen liefert, so wie die erste Erschöpfungszeit vorübergegangen ist (§. 1874.). Der Einfluß der Gehirnthätigkeit macht sich in dieser Hinsicht in uns selbst häufig geltend. Der Wille kann das Lachen und die Gegenbewegungen, die das Kitzeln sonst erregt, für einige Zeit oder für immer unterdrücken. Manche der bald zu erwähnenden Reflexerscheinungen, wie z. B. das Niesen oder das Schlucken, können von uns zum Theil, andere dagegen gar nicht nach Belieben beherrscht werden.

Reflexwirkungen im lebenden Körper.

§. 1954. Viele Thätigkeiten unseres Körpers fußen auf einer entsprechenden reflectorischen Bewegungsmechanik. Der Schluß der Augenlider, nachdem ein Staubkorn in den Bindehautsack (§. 890.) gefallen, der Wechsel des Sehloches im Hellen oder Dunkeln (§. 1496.), das Niesen nach mechanischen oder chemischen Reizen der Nasenschleimhaut, die unwillkührlichen Schluckbewegungen des Schlundes und der Speiseröhre, (§. 381.), der Husten, welcher der Reizung der Innenflächen des Kehlkopfes oder der Luftröhre nachfolgt, die Wirkungen des Kitzels, das Zusammenschrecken nach einem Nadelstiche, der die Haut unvermuthet trifft, und viele ähnliche Erscheinungen gehören zu dieser Reihe von Reflexwirkungen. Man sieht zugleich aus diesen Beispielen, daß jeder Hautbezirk eine mehr oder minder bestimmte Art reflectorischer Nachbewegung bedingt. Man stößt daher auf eine gewisse Ordnung, die von den erregenden Empfindungsfasern und den Centralwerkzeugen derselben abhängt.

Nebenbedingungen der einzelnen Reflexbewegungen.

§. 1955. Die nähere Betrachtung der Reflerbewegungen des enthaupteten Thieres bestätigt das Gleiche. Diejenigen centralen Bewegungsfasern, welche in der Nachbarschaft der Eintrittsstellen der erregten Empfindungsfasern liegen, werden zunächst in Thätigkeit gesetzt. Die Reflexwirkung greift daher vor Allem in dem Gliede, dessen Haut gereizt worden (§. 1938.), durch. Reizt man einen vordersten Theil der Bauchhaut des enthaupteten Frosches, so kann man bewirken, daß die Vorderbeine nach vorn gewendet werden. Sie drehen sich aber nach hinten, so wie man die Anspruchsstelle weiter nach der Mitte der Länge

der Bauchhaut verlegt. Greift man die hintere Hälfte von dieser an, so begeben sich die Hinterbeine nach vorn. Drückt man dagegen eine Hinterzehe zusammen, so machen jene Streckbewegungen. Das enthauptete Thier springt deshalb nicht selten weit fort. Ein Reiz, der die Hinterbeine trifft, kann die Vorderfüße und umgekehrt zu Reflexbewegungen zwingen. Die Mittheilung vermag sich daher im Rückenmarke von vorn nach hinten oder von hinten nach vorn auszubreiten. Reizt man dagegen die Bindehaut des Auges, so zieht sich nur der Kreismuskel der Augenlider (*pq*, Fig. 171, S. 288.), nicht aber die übrige Masse der Gesichtsmuskeln, die von dem Antlitznerven ebenfalls versorgt wird (§. 1735.), zusammen. Das Kitzeln des weichen Gaumens wirkt auf die Anfangstheile des Nahrungscanales, nicht aber auf das Herz oder die Lungen, die von dem herumschweifenden Nerven (§. 1749.) und dem verlängerten Marke gleichzeitig abhängen.

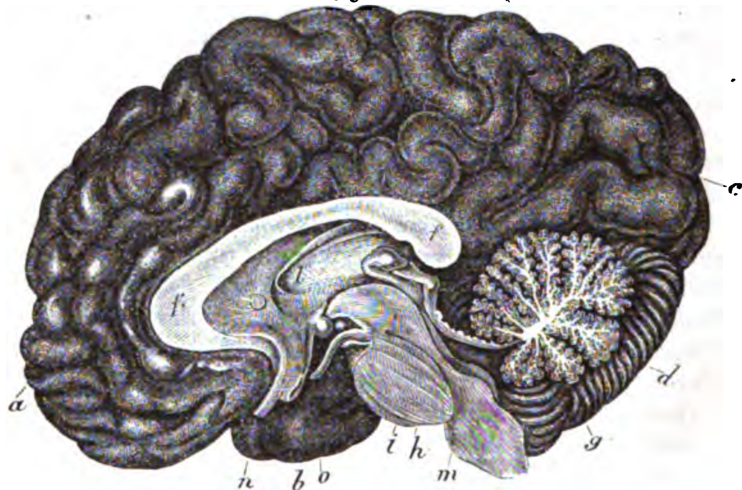
Wir haben mit einem Worte gewisse, in dem centralen Nervensysteme gegebene Einrichtungen, einzelne Claviaturen, die zunächst abgespielt werden, sobald die Erregung der entsprechenden Empfindungsfasern den ersten Anstoß geliefert hat. Dieser Umstand kann einen gewissen Schein von Zweckmäßigkeit vielen Reflexthätigkeiten des enthaupteten Thieres verleihen. Eine genauere Untersuchung lehrt aber, daß sich weder Willkühr, noch Einsicht, sondern eine organisch gegebene Wirkung geltend macht.

§. 1956. Wie die Eingeweide, so werden auch die mit einfachen Muskelfasern versehenen Drüsengänge (§. 867.) und Drüsenbehälter (§. 923.) häufig genug reflectorisch bewegt. Die Reibung der Eichelhaut (*g'*, Fig. 175, S. 302.) führt auf diese Weise zu Reflexthätigkeiten der Samenleiter (*qw*, Fig. 175.) und der Samenblasen (*nx*, Fig. 175.), so daß Samenerguß nachfolgt. Der reichliche Thränenstrom, der sich nach der Reizung der Bindehaut (*d*, Fig. 171, S. 288.) einfindet, bildet eine Reflexaussonderung. Der lebhaftere Zusammenfluß der Mundflüssigkeiten nach mechanischer Reizung des weichen Gaumens gehört ebenfalls hierher. Reflexentleerungen.

§. 1957. Die Frage, ob alle reflectorischen Aussonderungen der Art an die Mitwirkung einzelner entsprechender Abschnitte des Gehirns und des Rückenmarkes gebunden sind, kann vorläufig mit vollkommener Sicherheit nicht beantwortet werden. Der Thränenfluß pflegt zwar mit der Zerstörung des verlängerten Markes aufzuhören, so daß weder der Gasser'sche Knoten (*x*, Fig. 359, S. 514.), noch der Augenknoten (§. 1726.) die Uebertragung zu vermitteln scheinen. Man darf jedoch nicht übersehen, daß die Verletzung des verlängerten Markes ein wesentliches Bedingungsglied der Absonderung, den Kreislauf, größtentheils oder gänzlich aufhebt. Die Erfahrung dagegen, daß der reichlichere Thränenfluß schon auszubleiben scheint, wenn man den dreigetheilten Nerven zwischen dem Gasser'schen Knoten und dem Gehirn durchschnitten hat, kann auf den Einfluß des centralen Nervensystems nachdrücklicher hinweisen. Ein Rückenmarkskranker, der an beiden Beinen gelähmt war

herein darzubieten oder sich später merklich zu verschmälern. Die grö=

Fig. 405.



ßere Zartheit und der Mangel zellgewebiger Massen (Taf. III. Fig. XL.), wie sie sonst zwischen den peripherischen Nervenbündeln vorkommen (§. 1694.), bedingen es, daß die ursprünglich cylindrischen centralen Fasern durch Druck oder andere Mißhandlungen nicht selten varicös werden (Taf. V. Fig. LXVIII. d.).

§. 1922. Da die Theilungen der Nervenfasern (Taf. V. Fig. LXX.) in dem peripherischen Nervensysteme häufig vorkommen (§. 1698.), so liegt die Vermuthung nahe, daß sich etwas Aehnliches in dem Gehirn und dem Rückenmarke wiederholen werde. Die Erfahrung hat bis jetzt die Richtigkeit dieser Annahme noch nicht zweifellos dargethan. Lassen wir die Trugbilder, welche die verschiedenen Faserlagen darbieten können, bei Seite, so findet man allerdings Spaltungen gesonderter Fasern in seltenen Fällen. Es frägt sich aber, ob man hier nicht bloße Kunsterzeugnisse vor sich hat. Das Nervenmark fließt nämlich leicht in verschiedenen Richtungen aus. Der Schein einer Seitenverzweigung kann sich dann um so eher geltend machen, als die Hüllen ihrer Zartheit wegen ohne künstliche Hilfsmittel, wie z. B. die Einwirkung der Essigsäure, nicht wahrgenommen werden. Hat die Fäulniß tiefer durchgegriffen, so zerfällt der Markinhalt, wenn er bei der Präparation gedrückt oder gezerrt worden, in einzelne Tropfen (Taf. V. Fig. LXXV.), die meistentheils einfach, bisweilen aber auch gabelig erscheinen.

Centrale Ganglienkugeln.

§. 1923. Zeichnen sich schon die centralen Primitivfasern den peripherischen gegenüber durch ihre Zartheit aus, so kehrt das Gleiche in noch höherem Grade für die Ganglienkugeln wieder. Jede irgend rohe Behandlung der grauen Masse stört den natürlichen Zusammenhang so sehr, daß man nur eine feinkörnige graue bis grauröthliche Substanz

mit Ueberresten von Kernen und Kernkörperchen bemerkt. Der Mangel festerer zellgewebiger Zwischengebilde (§. 1921.) begünstigt hierbei die Verwirrung in wesentlicher Weise.

§. 1924. Die mannigfachen grauen Bezirke des centralen Nervensystems zeigen hierbei eine weit größere Menge von Formverschiedenheiten, als die einzelnen peripherischen Nervenknoten. Man findet bisweilen sehr große Ganglienkugeln (Taf. V. Fig. LXXVI.), deren Grundmasse (*a*) blaß und nur an einzelnen Stellen auffallender gekörnt erscheint (*b*). Der Kern (*c*) bildet ein helles Bläschen (*d*). Die Grundsubstanz anderer zum Theil kleinerer Ganglienkugeln besteht überall aus Körnchen. Diese entscheiden es auch, welche Farbe sich dem freien Auge darstellt. Ist nämlich eine größere Zahl von Ganglienkugeln der zuerst genannten Art zusammengehäuft, so hat das Ganze eine blasse weißgraue Färbung. Bedeutendere Mengen von Ganglienkugeln der zweiten Klasse liefern ein grauröthliches Aussehen.

§. 1925. Das Verhältniß der Größe der Grundmasse zum Kern wechselt ebenfalls in hohem Grade. Dieser kann einen nur kleinen Bruchtheil (Taf. V. Fig. LXXVI.) oder umgekehrt einen bedeutenden Abschnitt des Ganzen bilden. Die Formen und der absolute Umfang schwanken hierbei in hohem Grade. Während die Taf. V. Fig. LXXVI. abgebildeten Ganglienkugeln des Rückenmarkes, die des elektrischen Lappen der Zitterfische (§. 1890.) schon mit freiem Auge erkannt werden, fodern andere eine Vergrößerung von zwei- bis dreihundert im Durchmesser. Man begegnet endlich noch einzelnen Gestalten, die sich auf den Typus der Zelle, des Kernes und der Kernkörperchen nicht zurückführen lassen, und einfachere Körner oder bloße Anhäufungen kleiner Kugelgebilde darstellen. Ein gleichartiges, farbloses, halbflüssiges, ziemlich zähes und wahrscheinlich eiweißreiches Bindemittel vereinigt immer die Festgebilde wechselseitig.

Fortsätze der centralen Ganglienkugeln.

§. 1926. Wir haben schon §. 1890 gesehen, daß die centralen Ganglienkugeln der elektrischen Lappen der Zitterrochen graue bis grauröthliche Fortsätze entlassen. Etwas Aehnliches kehrt in den grauen Massen der übrigen Wirbelthiere häufig wieder (Taf. V. Fig. LXXVI. e.). Da die peripherischen Ganglienkugeln entsprechende, theils marklose (Taf. V. Fig. LXXIV. b. c. d. e.), theils markige Fortsätze (Taf. V. Fig. LXXII. und LXXIII) aussenden, so frägt es sich, ob sich nicht das Gleiche in dem centralen Nervensysteme häufig wiederholt. Man bemerkt nun allerdings in seltenen Fällen, daß ein grauer Ganglienkugelast (Taf. V. Fig. LXXVI. f.) in eine ächte Markfaser (*g*) überzugehen scheint. Die genauere Einstellung des Brennpunktes (§. 1469 fgg.) des Mikroskopes oder die Bewegung des Präparates pflegen jedoch nachzuweisen, daß die Anschauung ein Trugbild lieferte. Man überzeugt sich meistentheils, daß die markige Primitivfaser dem Ganglienkugelfortsatze an- oder aufliegt. Erinnern wir uns aber dessen, was §. 1767 für die Ganglien angeführt worden, so läßt sich mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die centralen Primitiv-

fasern mit den Ganglienkugelfortsätzen in innigerer Beziehung stehen werden.

Sammlung der peripherischen Nervenfasern in dem Gehirn und dem Rückenmark.

§. 1927. Da eine jede Primitivfaser einer Rückenmarkswurzel in eine centrale Faser übergeht (§. 1921.) und das Gleiche für die Ursprungsbündel der Hirnnerven wiederkehrt, so ergiebt sich von selbst, daß das Gehirn und das Rückenmark Repräsentanten aller Anfangstheile der Cerebrospinalnerven enthalten müssen. Es ist aber bis jetzt noch nicht gelungen, mehrere sich anknüpfende Hauptfragen selbst nur annähernd zu beantworten. Das Gehirn und das Rückenmark des kleinsten Wirbelthieres enthalten eine so große Menge zusammengedrängter und labyrinthisch verbundener mikroskopischer Bestandtheile, die Untersuchung stößt auf so außerordentliche Schwierigkeiten, sie muß immer auf so kleine Bezirke beschränkt bleiben, daß man wahrscheinlich noch nach Jahrhunderten nicht im Stande sein wird, eine irgend klare Uebersicht über diesen wichtigen Theil der Anatomie des Nervensystemes zu gewinnen.

Verhalten der Fasern im Rückenmarke.

§. 1928. Die graue Masse, die in dem Innern des Rückenmarkes vorkommt (§. 1919.) lehrt schon ohne Weiteres, daß dieses unmöglich nur einem Nerven, der alle Primitivfasern der Rückenmarkswurzel vereinigt hat, entspricht. Die Ganglienkugeln verleihen ihm eine höhere Bedeutung, deren physiologische Folgen uns später beschäftigen sollen. Da aber die bewußten Empfindungen und die Willensbefehle von dem Gehirn ausgehen, so frägt es sich, ob die centralen Fortsetzungen der Primitivfasern der Rückenmarksnerven bis zum Gehirn emporsteigen oder schon im Rückenmarke endigen und die Vermittelung mit dem Gehirn anderen Zwischengeweben anheimstellen.

§. 1929. Die Angaben einzelner Forscher, daß die centralen Fasern der Rückenmarksnerven kurz nach ihrem Eintritt in das Rückenmark frei enden, beruht wahrscheinlich auf Täuschungsbildern. Es wäre eher möglich, daß der Uebergang in Ganglienkugelfortsätze (§. 1767.) eine Endigung oder eine Verminderung der Zahl der fortlaufenden Fasern möglich machte, vorausgesetzt, daß in dem letzteren Falle weniger markige Fasern nach dem Gehirn, als nach dem Endtheile des Rückenmarkes hin vorhanden sind (§. 1927.).

§. 1930. Volkmann bemühte sich, die Frage durch den Vergleich des Querschnittes einer bestimmten Stelle des Rückenmarkes und der Summe der Querschnitte der schon eingetretenen Nervenwurzeln sicherer zu entscheiden. Gehen nämlich die Repräsentanten sämmtlicher Rückenmarkswurzeln nach dem Gehirn empor, so läßt sich scheinbar erwarten, daß der Querschnitt eines dem Hirn nahe liegenden Rückenmarksstückes mindestens eben so viel Oberfläche, als die Gesammtsumme der Querschnitte der bisher eingetretenen Nervenwurzeln darbieten wird. Dieser Schluß ist jedoch nicht so sicher, als es auf den ersten Anblick scheint. Die Nervenwurzeln enthalten reichliche Zellgewebemassen, die dem centralen Nervensysteme fehlen. Die Primitivfasern von diesem sind schmaler, als die von jenen (§. 1921.). Der Unterschied der Oberflächen

wächst aber dann in quadratischem Verhältnisse. Eine centrale Faser, die halb so dick, als eine peripherische ist, hat nur den vierten Theil des Querschnittes, den diese darbietet. Die graue Substanz kommt allerdings im Rückenmarke hinzu. Kann sie aber die eben erwähnten Abweichungen nicht ausgleichen, so wird die kleinere Querschnittfläche des Rückenmarkes keinen ganz bündigen Beweis für das frühere Ende der centralen Fasern liefern. Rechnet man nun noch hinzu, daß die schon §. 1929 erwähnten Verhältnisse der Ganglienkugelfortsätze und die vielleicht vorhandenen Theilungen der Nervenfasern verändernd einzugreifen vermögen, so ergiebt sich, daß hier jede sichere Schlußfolgerung vorläufig unmöglich zu sein scheint.

§. 1929. Der Uebergangstheil des Rückenmarkes in das verlängerte Mark (rechts von *m*, Fig. 405, S. 602.) fällt allerdings in den Fischen so dünn aus, daß man mit Recht annehmen darf, daß nur einzelne anatomische oder physiologische Aequivalente der sämmtlichen früher eingetretenen Rückenmarksfasern an jener Stelle vorhanden sind. Die Vögel und die Säugethiere bieten dagegen keine so auffallenden Verschiedenheiten dar. Die Frage, ob hier das Gleiche wiederkehrt, oder ob die höhere Ausbildung des Gehirns eine vollständigere Repräsentation der Rückenmarksfasern nach sich zieht, läßt sich vorläufig nicht entscheiden. Die physiologischen hier in Betracht kommenden Erscheinungen werden uns später beschäftigen.

§. 1930. Die rein weiße Markmasse besteht nur aus Anhäufungen von Primitivfasern, die neben einander verlaufen oder sich auf das Innigste wechselseitig verflechten. Es kommt nur selten, z. B. in den Großhirnschenkeln des Menschen, vor, daß sich Pigmentzellen (Taf. II. Fig. XXIX. und XXX.) in einzelnen Bezirken dazwischen drängen und eine dunklere Färbung, die sogenannte schwarze Masse, schon für das freie Auge erzeugen. Die meisten, scheinbar rein grauen Substanzen bieten noch vereinzelte Primitivfasern unter dem Mikroskope dar. Treten diese in größerer Menge auf, so wird die Gesammtmasse heller grau. Eine gewisse Mischung zahlreicher und gleichförmig vertheilter weißer Primitivfasern mit stark körnigen Ganglienkugeln führt zu einer gelben Färbung, wie man sie z. B. an den innersten Gränzbezirken des grauen Ueberzuges der Großhirnhemisphären des Menschen (*abc*, Fig. 405, S. 602.) häufig wahrnimmt. Die gelbe Farbe des elektrischen Lappen des Zitterrochen (§. 1890.) rührt von ähnlichen Verhältnissen her.

Schwarze und gelbe Substanz.

§. 1931. Der Umfang der reinen Markmassen des Gehirnes des Menschen, der Säugethiere und der Vögel fällt viel Mal größer aus, als der aller Hirn- und Rückenmarkswurzeln zusammengenommen. Manche Forscher glauben daher, daß eigene Hirn- und Rückenmarksfasern, d. h. Fasern, die nur den Centralgebilden angehören und mit keinem peripherischen Nerven unmittelbar zusammenhängen, vorhanden sind. So wahrscheinlich auch jene Ansicht sein mag, so hindert doch die Schwierigkeit der anatomischen Untersuchung, diesen Gedanken im Einzelnen zu bewei-

Hirn- und Rückenmarksfasern.

sen und erst auf diesem Wege wahrhaft zu befruchten. Ein Theil der Markanhäufungen entsteht wahrscheinlich dadurch, daß die Fortsetzungen der peripherischen Fasern Umwege beschreiben. Ein anderer dagegen geht vielleicht aus den markigen Fortsätzen der Ganglienkugeln hervor, sei es, daß sie nur Centralgebilde unter einander oder diese und peripherische Fasern wechselseitig verbinden.

Faserung des centralen Nervensystemes.

§. 1934. Man hat sich vielfach bemüht, die Faserungsverhältnisse des Gehirns und des Rückenmarkes der höheren Thiere dadurch zu entwirren, daß man Präparate, die in Weingeist, in Salpetersäure, in Kreosotlösung oder in anderen passenden Flüssigkeiten vorbereitet worden, mit freiem Auge zerfaserte. Eine sichere Erkenntniß der allein entscheidenden feineren mikroskopischen Verhältnisse konnte hierbei natürlich nicht gewonnen werden. Die geduldreiche Arbeit, einen größeren Gehirntheil Schnitt für Schnitt unter dem Vergrößerungsglase zu prüfen und sich hiernach Gesammtbilder zu entwerfen, wie sie von Stilling mit eisernem Fleiße für das verlängerte Mark vorgenommen worden, dürfte hier allein zum Ziele führen.

Thätigkeit der grauen und der weißen Massen.

§. 1935. Wir haben schon §. 1917 bemerkt, daß die Ganglienkugeln des peripherischen Nervensystemes gewisse eigenthümliche Wirkungen, die in den Nervenfasern fortgeleitet werden, entwickeln können. Dieser Unterschied der Erzeugung und der Fortpflanzung kehrt vermuthlich in dem centralen Nervensysteme ebenfalls wieder. Die grauen Massen liefern hier die vorzüglichsten Kräfteträger. Die centralen Primitivfasern dagegen theilen die übersetzte Erregung (§. 1904.) von oder nach dem peripherischen Nervensysteme mit und leisten wahrscheinlich ähnliche Botendienste für einzelne gesonderte Abschnitte des Gehirnes und des Rückenmarkes.

Mittheilung der Erregung in dem centralen Nervensysteme.

§. 1936. Die gegenseitige Mittheilung bildet eines der auffallendsten Thätigkeitsmerkmale des centralen Nervensystemes. Wir haben §. 1913 gesehen, daß die Bewegung einer Erregungsfaser eines peripherischen Nervenstammes eine benachbarte Empfindungsfaser in Ruhe läßt. Wechselseitige Uebertragungen kommen dagegen in dem Gehirn und dem Rückenmarke häufig vor. Die Reflexbewegungen und die von einzelnen Forschern angenommenen Reflexempfindungen entstehen durch die Nebenerregung ungleichartiger, die Mitbewegungen und die Mitempfindungen dagegen durch die gleichartiger Folgewirkungen.

Reflexbewegungen.

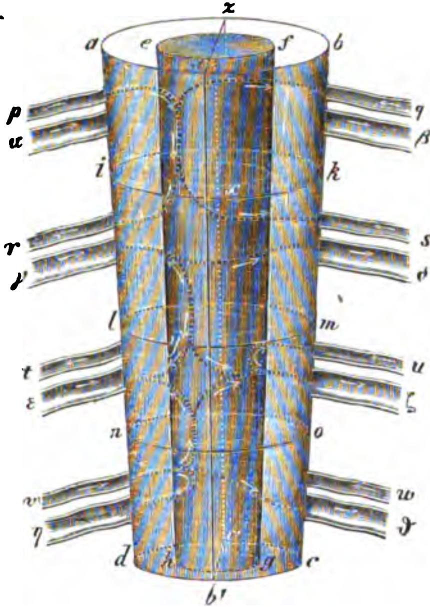
§. 1937. Die Reflexbewegungen werden dadurch erzeugt, daß ein Reiz, dessen Gegenwirkung nach dem centralen Nervensysteme centripetal fortschreitet, gewisse Bewegungsfasern von hier aus in Thätigkeit versetzt. Der ursprüngliche Empfindungseindruck zieht daher Muskelverkürzungen nach sich. Das Lachen und die oft unwillkührlichen Abwehrbewegungen, die der Kitzel bedingt, liefern ein hierher gehörendes Beispiel aus der Reihe der täglichen Lebenserscheinungen.

Gang der reflectorischen Mittheilung.

§. 1938. Die Reflexbewegungen setzen die Mitwirkung des centralen Nervensystemes und zwar wahrscheinlich immer die der grauen Mas-

sen desselben voraus. Denken wir uns v, Fig. 406, sei eine Empfindungsfaser, die in der Haut eines Gliedes endigt, so geht die centrale Erregung derselben bis zu der grauen Masse $efgh$ des Rückenmarkes $abcd$ fort. Sie kann hier entweder nur die entsprechende benachbarte Bewegungsfaser η oder zugleich die correspondirende paarige ϑ oder überdies noch entfernte Bewegungsfasern $\varepsilon\,\zeta$ mittelbar aufrütteln. Die punktirten Doppellinien und die Pfeile sollen dann die Richtungen, nicht aber die einzelnen Bahnen der Fortpflanzung der Reize diagrammatisch versinnlichen.

Fig. 406.



§. 1939. Hat man einen Frosch enthauptet und drückt die eine Hinterzehe z. B. des rechten Hinterbeines nach einiger Erholungszeit mit der Pincette zusammen oder läßt man einen Tropfen Schwefel- oder Essigsäure auf die Haut desselben niederfallen, so kann man Reflexbewegungen in dem rechten, in beiden Hinterbeinen oder in allen vier Extremitäten erhalten. Die Ausdehnung dieser motorischen Gegenwirkung hängt vorzüglich von der Stärke des Reizes und der Größe der Empfänglichkeit des Präparates ab. Kräftige Erregungen führen auch zu verbreiteteren Wirkungen. Die Empfänglichkeit pflegt unmittelbar nach der Enthauptung in hohem Grade geschwächt zu sein. Die in der Ruhe möglich werdende Erholung führt später zu einem Zeitraume, in welchem ein die Zehen treffender Druck die lebhaftesten Reflexbewegungen herbeiführt. Das enthauptete Thier springt daher weit fort. Es scheint sich zu wehren und den Berührungskörper fortstoßen zu wollen, so wie man es auf den Rücken legt und die Bauchhaut anfaßt. Die Empfänglichkeit sinkt später wiederum nach und nach. Ein Druck, der die eine Zehe des rechten Hinterbeines trifft, liefert dann nur Gegenwirkungen in diesem und dem zweiten Hinterbeine oder einem Vorderbeine. Die letzten Reste der Empfänglichkeit verrathen sich endlich dadurch, daß nur die Muskeln des unmittelbar angegriffenen Hinterbeines und zwar am Ende bloß in einzelnen Bezirken Zuckungen darbieten.

Verschiedene Empfänglichkeit für Reflexbewegungen.

Einfluß der Reizstellen

§. 1938. Hautreize ziehen Reflexbewegungen am Leichtesten nach sich. Drückt man z. B. eine Stelle des Hüftnerven des enthaupteten Frosches zusammen, so erhält man schon ungünstigere Erregungsbedingungen. Spricht man einen beschränkten Bezirk der Muskelmasse des Hinterbeines an, so bleiben die Gegenwirkungen noch leichter aus.

§. 1941. Der Eingriff, der die Haut trifft, muß eine gewisse Minimalgrenze in jedem Falle überschreiten. Man hat daher häufig Präparate, in denen ein leichter Druck versagt oder alle mechanische Erregungen erfolglos bleiben, während ein Säuretropfen zum Ziele führt. Leise, rasch wiederholte Eingriffe, wie z. B. das Kitzeln, das bestimmte Hautstellen (§. 1660.) trifft, können entsprechende Arten von Reflexbewegungen leicht zum Vorschein bringen.

Nachdauer der Reflexerregung.

§. 1942. Wir haben schon §. 1533 gesehen, daß die Sinneseindrücke eine gewisse Zeit lang nachklingen. Die Reflexwirkungen können verhältnißmäßig noch länger anhalten. Ein einziger Hautreiz erzeugt hier häufig einen Sturm von Gegenbewegungen, die einen merklichen Zeitraum fortspielen. Die Mittheilung vergrößert also den Wirkungskreis nicht bloß dem Raume, sondern auch der Zeit nach. Dieser zweite Erfolg kommt jedoch unter beschränkteren Bedingungen als der erste zum Vorschein. Er setzt eine größere, durch die vorangegangene Mißhandlung oder durch regelwidrige Stimmungszustände bedingte Beweglichkeit der Elemente des Rückenmarkes voraus. Man hat hier ein Seitenstück der doppelten Zuckungen des lebenden Nerven (§. 1855.) oder der Starrkrämpfe, die nach einzelnen Vergiftungen auftreten.

Nothwendigkeit der Continuität der Nervenmassen.

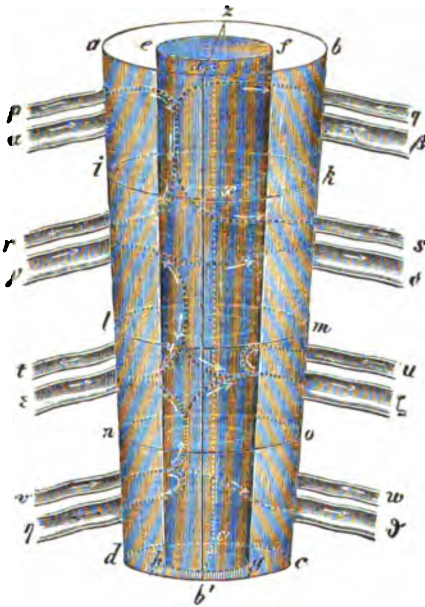
§. 1943. Die Reflexbewegungen setzen den natürlichen Zusammenhang der Leitungsbahnen eben so gut, als die Thätigkeiten der peripherischen Nerven voraus. Die Trennung der Empfindungsfaser (v, Fig. 406.) macht es daher unmöglich, daß die entsprechende Hautstelle Reflexbewegungen einleitet. Die bloße Durchschneidung der Bewegungsfaser (η, Fig. 406.) hebt natürlich nicht bloß die reflectorische, sondern auch die willkührliche Zusammenziehung (§. 1710.) der ihr angehörenden Muskelmassen auf.

Folgen der vollständigen Quertheilung.

§. 1944. Die Reflexbewegungen des enthaupteten Frosches (§. 1939.) lehren schon, daß die Quertheilung des centralen Nervensystems die Reflexwirkung desjenigen Abschnittes des Rückenmarkes, der seinen natürlichen Zusammenhang bewahrt hat, nicht beseitigt. Ein Reiz, der das eine Hinterbein trifft, führt dann noch zu Gegenwirkungen in allen vier Gliedern unter den günstigsten Nebenbedingungen (§. 1939.). Streicht man aber die Bindehaut des losgetrennten Kopfes eines Menschen oder eines Säugethieres, so können sich die Augenlider schließen, indem sich die Thätigkeit der Empfindungsfasern des dreigetheilten Nerven (§. 1729.) auf die von dem Antlitznerven (§. 1735.) stammenden Bewegungsfasern des Kreismuskels der Augenlider (pq, Fig. 171, S. 288.) in dem verlängerten Marke (bei hm, Fig. 405, S. 602.) überträgt.

§. 1945. Die Quertheilung des centralen Nervensystems kann mehrfach wiederholt werden, ohne daß die Möglichkeit der Reflexbewegungen gänzlich zu Grunde geht. Nur diejenigen Gebilde, die in der unmittelbaren Nachbarschaft der Verletzungsstelle liegen, pflegen nachdrücklicher zu leiden. Die entfernteren dagegen werden bloß durch den Querschnitt wechselseitig geschieden, so daß die Weite der möglichen Mittheilung geschwächt erscheint. Denken wir uns, *pq*, Fig. 407, seien die Empfindungs- und $\alpha\beta$ die Bewegungswurzeln der Vorderbeine, und *vw* und $\eta\vartheta$ die gleichen Gebilde der Hinterfüße des enthaupteten Frosches, so bedingt die in *lm* fallende Quertheilung des Rückenmarkes, daß die Empfindungsreize von *v* im günstigsten Falle Reflexbewegungen in den beiden Hinterbeinen ($\eta\vartheta$), nicht aber in den Vorderfüßen ($\alpha\beta$) zur Folge haben. Man kann auf diese Weise den Körper einer Schlange, den Schwanz einer Eidechse in einer Reihe von Abschnitten trennen, ohne daß jedes Bruchstück der einfachen Nervenverbreitung wegen seine Reflexthätigkeit aufgiebt.

Fig 407.



§. 1946. Unvollständige halbseitige Querschnitte, die nur eine Zwischenbrücke grauer Masse übrig lassen, heben die Möglichkeit der der Länge nach dahingehenden Mittheilung nicht auf. Hat man z. B. das Rückenmark rechts bis *kx* (Fig. 407.) und links bis *ly* durchschnitten, so kann ein Reiz, der in der Empfindungsfaser *q* des rechten Vorderbeines dahingeht, Reflexbewegungen in allen vier Füßen durch α, β, η und ϑ erregen. Die graue Masse *xy* macht dann den Eingriff unschädlich. Wird der Versuch in dem lebenden Frosche wiederholt, so ist das Thier im Stande, seinen vollständigen Willenseinfluß auf die Hinterbeine nach und nach wieder zu gewinnen. Die Quertheilung des Rückenmarkes desselben in *no* hebt dagegen den von dem Gehirn herabkommenden Willenseinfluß für die Hinterbeine und die in *ab* den für alle vier Extremitäten auf. Diese Verletzungen wirken daher um so ausgedehnter, je näher sie dem Gehirn zu liegen. Unvollständige Quertheilung.

§. 1947. Diejenigen Nerven, die sich in unmittelbarer Nähe des

vollständigen Querschnittes befinden, pflegen ihre reflectorischen Einflüsse einzubüßen, mithin z. B. *tu* und *εζ*, Fig 408, für die Quertheilung *lm*. Unvollständige Querschnitte (§. 1946.), die sehr nahe hinter einander folgen, können daher gleich den vollständigen hemmend eingreifen.

Fig. 408.

Folgen der Längstheilung.

§. 1948. Schneidet man das Rückenmark *abcd*, Fig. 408, eines enthaupteten Frosches in der Mitte *za'b'c'* der Länge nach durch, so wird die Möglichkeit der Quer-, nicht aber die der Längsleitung aufgehoben. Empfindungsreize, welche die sensible Faser *q* der Haut des rechten Vorderbeines treffen, liefern noch Reflexbewegungen in dem rechten Vorder- und dem rechten Hinterbeine, durch *β* und *ϑ*, nicht aber in den Extremitäten der linken Seite, durch *α* und *η*. Der nicht enthauptete Frosch kann dann noch alle vier Glieder willkührlich bewegen. Führt man den Längsschnitt weiter nach außen, so hängt viel davon ab, ob er sich noch in der grauen Masse *efgh*, oder in der weißen *fbcg* hält. Die Möglichkeit der Längenmittheilung ist immer noch in dem ersteren Falle gegeben, während sie in dem letzteren zu Grunde geht. Da nun viele centrale Empfindungs- und Bewegungsfasern in der weißen Substanz (*fbcg*, Fig. 408.) mehr oder minder nahe neben einander verlaufen, so ergiebt sich, daß sich die Erregungen der centralen Primitivfasern nicht unmittelbar mittheilen, daß wir hier kein einfaches Parallelstück der paradoxen Zuckung (§. 1845.) haben, sondern daß die sich dem freien Auge grau darstellenden Masse des centralen Nervensystems mitwirken muß.

Nothwendigkeit der Anwesenheit der Centraltheile.

1949. Die gänzliche Entfernung des Rückenmarkes hebt die Reflexbewegungen des Rückenmarkes, und die Zerstörung des verlängerten Markes (und des Gehirns) die Reflexwirkungen der Hirnnerven auf. Die peripherischen Primitivfasern der Nervenstämme verhalten sich daher, wie diejenigen centralen Fasern, welche ihre grauen Massen noch nicht erreicht haben. Die Mittheilung hängt daher nicht von den Unterschieden der Feinheit der Scheidengebilde beider Arten von Leitungsgeweben (§. 1921.) ab.

Reflexwirkungen der Eingeweide.

§. 1950. Wir haben bis jetzt nur die Reflexthätigkeiten der willkührlich beweglichen Muskelmassen im Auge behalten. Die Eingeweide können aber ähnliche Erscheinungen ebenfalls darbieten. Drückt man den Nahrungscanal eines enthaupteten Frosches stellenweise zusammen, so bewegen sich oft die Extremitäten auf das Lebhafteste. Hat man einen Frosch mit Aether so weit betäubt, daß ein die Zehen treffender Druck keine Reflexerscheinungen in dem Rumpfe und den Gliedmaaßen erregt, so kann man in glücklichen Fällen sehen, daß sich einzelne Abschnitte des Nahrungscanales nach jenem Eingriffe zusammenziehen oder das Herz, das früher ruhte, von Neuem schlägt. Die Ganglien hemmen also weder die centripetale Zuleitung der Empfindungs-, noch die centrifugale Fortpflanzung der Bewegungsreize. Es können sich Veränderungen, die von den peripherischen Enden des Sympathicus ausgehen, auf Cerebrospinalnerven, die dem Willen gehorchen, und umgekehrt Reize, welche die tastende Haut treffen, durch das Rückenmark auf die von dem Sympathicus beherrschten Eingeweide übertragen. Da aber die Gangliennerven negative Ergebnisse in dieser doppelten Hinsicht leichter als die Cerebrospinalnerven liefern, so darf man annehmen, daß sich hier wiederum gewisse eigenthümliche Bedingungen, wie für die Schmerzensempfindungen, darbieten werden.

Eigenthümlichkeit des Herzens.

§. 1951. Eine Erscheinung, die das Herz noch unter anderen Verhältnissen bisweilen zeigt, kann auch hier eine besondere Ausnahme herbeiführen. Es ereignet sich, daß der Schluß (§. 1241.) einer galvanischen Kette das ausgeschnittene Herz in seiner Ruhe stört und einen vollständigen Schlag der Vorhöfe (*ab*, Fig. 114, S. 195.) und der Kammer (*cde*, Fig. 115.) zum Vorschein bringt. Wird der Versuch mehrere Male wiederholt, so klopft nicht selten das Herz von selbst weiter fort. Der gleiche galvanische Strom bleibt aber dann häufig wirkunglos. Er beschleunigt den schon vorhandenen Herzschlag in keiner Weise. Diese Gleichgültigkeit des thätigen Herzens kann auch in den ätherisirten Fröschen wiederkehren. Derselbe Zehendruck, der das ruhende Herz aufweckte, hat hin und wieder gar keine Wirkung mehr, wenn die wieder erwachten Herzschläge eine Zeit lang fortdauerten.

Reflexthätigkeit der Ganglien.

§. 1952. Da die graue Substanz des centralen Nervensystems ein wesentliches Vermittelungsglied der Uebertragungserscheinungen bildet, (§. 1948.), so drängt sich die Frage, ob die grauen Massen des peripherischen Nervensystems, d. h. die Ganglienkugeln ähnliche Wirkungen möglich machen, von selbst auf. Die bis jetzt bekannten Thatsachen sprechen nicht dafür, daß eine solche Fähigkeit den Nervenknoten zukommt. Kitzelt man die Schleimhaut des Gaumens oder des Schlundes eines Säugethieres mit einem Federbarte, so entstehen reflectorische Schluck- oder Brechbewegungen. Hat man hingegen das verlängerte Mark entfernt, so fallen jene Folgewirkungen hinweg, obgleich der herumschweifende Nerv (§. 1744.) einen starken Knoten, der die entsprechenden Bewegungsfasern enthält, an dem Anfange seines peripherischen Verlaufes

darbietet. Man hat sich darauf berufen, daß die gesonderte Darmschlinge eines frisch getödteten Kaninchens (Fig. 249, S. 410.) in lebhaftere und ausgedehntere Wellenbewegungen (*da*, Fig. 249.) verfällt, wenn sie ihre natürliche Anheftung beibehalten oder wenigstens mit dem Gekröse (*hi*, Fig. 249.) herausgeschnitten worden, als wenn man dieses gänzlich entfernt hat. Die entsprechenden Ganglien des Sympathicus erzeugten daher hier Reflexbewegungen oder Mitbewegungen. Man kann sich aber überzeugen, daß ausgedehntere und wiederholte Wellenbewegungen die Anwesenheit der ganglıösen Theile nicht immer voraussetzen. Diese scheinen nur den Erfolg begünstigen zu helfen.

Begünstigung der Reflexbewegungen.

§. 1953. Da die Reflexbewegungen nicht nach jedem beliebigen Hautreize auftreten, so ergiebt sich, daß gewisse Nebenbedingungen den Durchbruch der Uebertragung unterstützen müssen. Vergleicht man in dieser Hinsicht ein unversehrtes mit einem enthaupteten Thiere, so findet man, daß dieses weit eher Reflexerscheinungen liefert, so wie die erste Erschöpfungszeit vorübergegangen ist (§. 1874.). Der Einfluß der Gehirnthätigkeit macht sich in dieser Hinsicht in uns selbst häufig geltend. Der Wille kann das Lachen und die Gegenbewegungen, die das Kitzeln sonst erregt, für einige Zeit oder für immer unterdrücken. Manche der bald zu erwähnenden Reflexerscheinungen, wie z. B. das Niesen oder das Schlucken, können von uns zum Theil, andere dagegen gar nicht nach Belieben beherrscht werden.

Reflexwirkungen im lebenden Körper.

§. 1954. Viele Thätigkeiten unseres Körpers fußen auf einer entsprechenden reflectorischen Bewegungsmechanik. Der Schluß der Augenlider, nachdem ein Staubkorn in den Bindehautsack (§. 890.) gefallen, der Wechsel des Sehloches im Hellen oder Dunkeln (§. 1496.), das Niesen nach mechanischen oder chemischen Reizen der Nasenschleimhaut, die unwillkührlichen Schluckbewegungen des Schlundes und der Speiseröhre, (§. 381.), der Husten, welcher der Reizung der Innenflächen des Kehlkopfes oder der Luftröhre nachfolgt, die Wirkungen des Kitzels, das Zusammenschrecken nach einem Nadelstiche, der die Haut unvermuthet trifft, und viele ähnliche Erscheinungen gehören zu dieser Reihe von Reflexwirkungen. Man sieht zugleich aus diesen Beispielen, daß jeder Hautbezirk eine mehr oder minder bestimmte Art reflectorischer Nachbewegung bedingt. Man stößt daher auf eine gewisse Ordnung, die von den erregenden Empfindungsfasern und den Centralwerkzeugen derselben abhängt.

Nebenbedingungen der einzelnen Reflexbewegungen.

§. 1955. Die nähere Betrachtung der Reflexbewegungen des enthaupteten Thieres bestättigt das Gleiche. Diejenigen centralen Bewegungsfasern, welche in der Nachbarschaft der Eintrittsstellen der erregten Empfindungsfasern liegen, werden zunächst in Thätigkeit gesetzt. Die Reflexwirkung greift daher vor Allem in dem Gliede, dessen Haut gereizt worden (§. 1938.), durch. Reizt man einen vordersten Theil der Bauchhaut des enthaupteten Frosches, so kann man bewirken, daß die Vorderbeine nach vorn gewendet werden. Sie drehen sich aber nach hinten, so wie man die Anspruchsstelle weiter nach der Mitte der Länge

der Bauchhaut verlegt. Greift man die hintere Hälfte von dieser an, so begeben sich die Hinterbeine nach vorn. Drückt man dagegen eine Hinterzehe zusammen, so machen jene Streckbewegungen. Das enthauptete Thier springt deshalb nicht selten weit fort. Ein Reiz, der die Hinterbeine trifft, kann die Vorderfüße und umgekehrt zu Reflexbewegungen zwingen. Die Mittheilung vermag sich daher im Rückenmarke von vorn nach hinten oder von hinten nach vorn auszubreiten. Reizt man dagegen die Bindehaut des Auges, so zieht sich nur der Kreismuskel der Augenlider (*pq*, Fig. 171, S. 288.), nicht aber die übrige Masse der Gesichtsmuskeln, die von dem Antlitznerven ebenfalls versorgt wird (§. 1735.), zusammen. Das Kitzeln des weichen Gaumens wirkt auf die Anfangstheile des Nahrungscanales, nicht aber auf das Herz oder die Lungen, die von dem herumschweifenden Nerven (§. 1749.) und dem verlängerten Marke gleichzeitig abhängen.

Wir haben mit einem Worte gewisse, in dem centralen Nervensysteme gegebene Einrichtungen, einzelne Claviaturen, die zunächst abgespielt werden, sobald die Erregung der entsprechenden Empfindungsfasern den ersten Anstoß geliefert hat. Dieser Umstand kann einen gewissen Schein von Zweckmäßigkeit vielen Reflexthätigkeiten des enthaupteten Thieres verleihen. Eine genauere Untersuchung lehrt aber, daß sich weder Willkühr, noch Einsicht, sondern eine organisch gegebene Wirkung geltend macht.

§. 1956. Wie die Eingeweide, so werden auch die mit einfachen Muskelfasern versehenen Drüsengänge (§. 867.) und Drüsenbehälter (§. 923.) häufig genug reflectorisch bewegt. Die Reibung der Eichelhaut (*g'*, Fig. 175, S. 302.) führt auf diese Weise zu Reflexthätigkeiten der Samenleiter (*qw*, Fig. 175.) und der Samenblasen (*nx*, Fig. 175.), so daß Samenerguß nachfolgt. Der reichliche Thränenstrom, der sich nach der Reizung der Bindehaut (*d*, Fig. 171, S. 288.) einfindet, bildet eine Reflexaussonderung. Der lebhaftere Zusammenfluß der Mundflüssigkeiten nach mechanischer Reizung des weichen Gaumens gehört ebenfalls hierher. Reflerentleerungen.

§. 1957. Die Frage, ob alle reflectorischen Aussonderungen der Art an die Mitwirkung einzelner entsprechender Abschnitte des Gehirns und des Rückenmarkes gebunden sind, kann vorläufig mit vollkommener Sicherheit nicht beantwortet werden. Der Thränenfluß pflegt zwar mit der Zerstörung des verlängerten Markes aufzuhören, so daß weder der Gasser'sche Knoten (*x*, Fig. 359, S. 514.), noch der Augenknoten (§. 1726.) die Uebertragung zu vermitteln scheinen. Man darf jedoch nicht übersehen, daß die Verletzung des verlängerten Markes ein wesentliches Bedingungsglied der Absonderung, den Kreislauf, größtentheils oder gänzlich aufhebt. Die Erfahrung dagegen, daß der reichlichere Thränenfluß schon auszubleiben scheint, wenn man den dreigetheilten Nerven zwischen dem Gasser'schen Knoten und dem Gehirn durchschnitten hat, kann auf den Einfluß des centralen Nervensystems nachdrücklicher hinweisen. Ein Rückenmarkskranker, der an beiden Beinen gelähmt war

und nicht die geringste Empfindung bei dem Beischlafe spürte, hat dessenungeachtet Samen entleert. Es fragt sich aber, ob hier nicht die organische Entartung so beschaffen war, daß sie zwar die Fortleitung zum Gehirn, nicht aber den Uebergang zu den entsprechenden Bewegungsfasern aufhob.

Reflexempfindungen.

§. 1958. Wir haben §. 1707 gesehen, daß die lebenden Wirkungen der Nervenfasern einseitiger, centripetal oder centrifugal, dahingehen, während sich der Elektrotonus (§. 1836.) und die negative Stromesschwankung (§. 1846.) beiderseits geltend machten. Dieses führte schon zu der Vermuthung, daß die Letztere eine Begleitungserscheinung, nicht aber den vollständigen Ausdruck der Lebensthätigkeiten der Nerven bildet. Die Uebertragungsgesetze, die in dem centralen Nervensysteme durchgreifen, können diesen Schluß unterstützen helfen.

§. 1959. Reizt man die Empfindungsfaser (v, Fig. 408, S. 610.), so geht die Erregung centripetal fort. Die Veränderung, welche die Reflexbewegung bedingt, läuft dann in η centrifugal dahin, so daß sich kein Widerspruch, der einseitigen lebendigen Fortpflanzung gegenüber, geltend macht. Sprechen wir dagegen die Bewegungsfaser (η, Fig. 408.) in der Mitte ihres Verlaufes an, so entsteht kein Schmerz (§. 1720.) oder keine Reflexempfindung. Da die negative Stromesschwankung in dem centraleren Abschnitte von η ebenfalls durchgreift, so dürfte eine Uebertragung zu Stande kommen, wenn jene allein maaßgebend wäre. Hängt dagegen der Enderfolg von der einseitigen centrifugalen lebenden Fortpflanzung ab, so erklärt sich die Schmerzlosigkeit der vorderen Nervenwurzeln ohne Weiteres.

§. 1960. Manche Forscher haben angenommen, daß Reflexempfindungen unter einzelnen selteneren Verhältnissen eingreifen. Alle Thatsachen, die man hierher zu rechnen suchte, lassen auch andere Deutungen offen. Das schmerzhafte Gefühl, das wir nach anstrengenden Bewegungen in den Muskeln haben, kann von den Veränderungen der peripherischen Gewebe und der Nerven derselben abhängen. Die Wehen, welche die Zusammenziehungen der Gebärmutter begleiten, gehen vielleicht ebenfalls von den Endstücken der Nerven aus. Wäre aber auch dieses nicht der Fall, so könnte man sich die Erscheinung auf andere Art zu erklären suchen. Die grauen Massen, die mit den centralen Bewegungsfasern zusammenhängen und diese zur Thätigkeit zwingen, würden selbst so stark erschüttert, daß eine Uebertragung auf die benachbarten Repräsentanten der Empfindungsfasern eingriffe. Es würde sich vielleicht auf diese Art erklären, weshalb krankhafte Muskelverkürzungen bisweilen so heftige Schmerzen veranlassen, daß unbedachtsame Wundärzte zur Amputation eines Gliedes oder zu anderen unnützen Verstümmelungen verleitet wurden.

Mitbewegungen.

§. 1961. Die Mitbewegungen bestehen darin, daß gewisse Muskelgruppen gleichzeitig zu wirken pflegen, so wie eine derselben den Anstoß gegeben hat. Wir haben daher hier ein Wechselspiel, wie es in Fig. 408,

S. 610 für γ, δ, ε, ζ angedeutet worden. Diese Erscheinungen lassen sich wiederum nach der §. 1960 erwähnten Annahme hinreichend erklären.

§. 1962. Wie die Reflexverkürzungen (§. 1954.), so unterstützen auch die Mitbewegungen viele Lebensthätigkeiten in wesentlicher Weise. Die gleichzeitige Einstellung beider Augen (§. 1443.), die regelmäßige Reihenfolge der Schlingbewegungen (§. 381.), das regelrechte Athmen (§. 739.), die verschiedenen ungewöhnlichen Abarten der Athembewegungen (§. 755.), die Bauchpresse (§. 393.) und viele andere Erscheinungen gehören zu den nothwendigen Mitbewegungen. Es werden hier wiederum gewisse in dem centralen Nervensysteme angebrachte Claviaturen vorschriftsmäßig abgespielt (§. 1955.). Der Wille kann gar nicht oder nur quantitativ und extensiv eingreifen.

§. 1963. Alle instinctiven Bewegungsthätigkeiten beruhen auf der uns hier beschäftigenden Erscheinungsreihe. Manche von ihnen, wie das Schlucken oder das Athmen, werden schon von dem Neugeborenen vollführt (§. 742.), andere dagegen, wie die Erhaltung des Gleichgewichtes bei den verschiedenen Gangbewegungen (§. 1320.), allmählig erlernt. Noch andere, wie z. B. die gleichzeitige Bewegung einzelner Gruppen der Gesichtsmuskeln oder der Finger, bilden Unvollkommenheiten, die sich erst mit Anstrengung allmählig beseitigen lassen. Die entsprechenden nervösen Centraltheile liegen dann nahe beisammen. Sie bestimmen sich wechselseitig mit so großer Leichtigkeit, daß erst die Uebung die nöthige Einzelbeherrschung möglich macht. Instinctbewegungen.

§. 1964. Die Mitempfindungen gehen aus den gleichzeitigen Erregungen verschiedener Empfindungsfasern, wie es Fig. 408, S. 610 für p, q, r, s darstellt, hervor. Die Uebertragung greift vielleicht schon in manchen in den Endbezirken der peripherischen Nerven durch. Die Ausstrahlung der Netzhaut (§. 1531.) liefert ein Beispiel der Art. Die Mittheilung pflegt aber erst in dem centralen Nervensysteme in den meisten übrigen Fällen zu Stande zu kommen. Das allgemeinere Schauergefühl, das dem Bürsten einer beschränkten Hautstelle und dem Kritzen nachfolgt, gehört zu dieser Reihe von Erscheinungen, die sich wiederum nach der §. 1960 erwähnten Grundanschauung erklären lassen. Mitempfindungen.

§. 1965. Manche der krankhaften Mitempfindungen befallen wiederum diejenigen Nervenfasern, deren Centralgebilde in der Nachbarschaft der erregenden Nervenrepräsentanten dahingehen (§. 1939.). Die Zerrung eines Nervenknollens eines Amputationsstumpfes des Oberschenkels führt deshalb bisweilen zu schmerzhaften Empfindungen in der Haut des Ueberrestes des Gliedes und der benachbarten Bauchdecken. Es kommt dagegen in anderen Fällen vor, daß die Ueberladung des Magens heftiges Stechen im Fuße erzeugt und das künstlich herbeigeführte Erbrechen diese Beschwerde auf der Stelle beseitigt.

§. 1966. Da die genaue Oertlichkeit der Empfindung und die möglichst specielle Ausdehnung des motorischen Willensbefehles an und für sich zu den Vollkommenheiten, die der thierische Körper darbietet, Beziehung der Mittheilungserscheinungen zum Selbstbewußtsein.

gehören, so bildet deshalb jede Uebertragung gewissermaaßen eine Störung, die nur Nebenrücksichten entschuldigen oder selbst nothwendig machen können. Die organischen Einrichtungen, aus denen viele Arten der Reflex- und der Mitbewegungen (§. 1937 und §. 1961.) hervorgehen, gehören vor Allem hierher. Die meisten instinctiven Bewegungen entsprechen physikalischen Gesetzen, die wir erst auf dem mühsamen Wege der Forschung theilweise ergründen. Die Erklärungen, die §. 1443 fgg. für die gleichzeitigen Augenbewegungen und §. 1320 ff. für die Erhaltung der Gleichgewichtsverhältnisse gegeben wurden, dürften die Richtigkeit dieses Satzes am Ehesten erläutern. Sollten nun keine Mißverständnisse vorkommen, so war es das Einfachste, daß die Natur eine entsprechende, sich von selbst abspielende Claviatur herstellte. Unwillkührliche Verkürzungsreihen, wie das Schlucken (§. 381.) oder die Geburt des Kindes, die erst aus einer Reihe berechneter Wirkungen hervorgehen können, setzten natürlich das Gleiche voraus.

§. 1967. Der Einfluß, den die Erfahrung auf die Gangbewegungen ausübt, lehrt deutlich, daß wir die Behandlung des nervösen Instrumentes, mit dem uns die Natur ausgerüstet hat, nur nach und nach erlernen. Dasselbe kehrt aber auch für viele Willkührbewegungen wieder. Die gegenseitige Verbindung der einzelnen Laute (§. 1425.) bei dem Sprechen, der Finger bei dem Musiciren und ähnliche Thätigkeiten, die der Geübte ohne weitere Berücksichtigung der Einzelnheiten im Augenblicke vollführt, lassen zuletzt im Wesentlichen auch nur instinctive Wirkungen zum Vorschein kommen.

Einfluß des Blutes auf das centrale Nervensystem.

§. 1968. Der fortwährende Zufluß hochrothen Blutes bildet eine Hauptbedingung der regelrechten Molecularbeschaffenheit der centralen Nervenmassen. Dieser Satz gilt vorzugsweise für den Menschen, die Säugethiere und die Vögel, weniger dagegen für die Reptilien und die Fische, in denen der Gaswechsel des Blutes schwächer ausfällt (§. 840.) und die Reizbarkeit eine größere Selbstständigkeit darbietet (§. 1261.). Fließt gar kein Blut oder nur dunkelrothes dem Gehirne eines Menschen zu, so folgen Sinnestäuschungen, Kopfschmerz, Schwindel, Bewußtlosigkeit, Erstickung, Krämpfe und endlich der Tod binnen Kurzem nach. Das Hirn des Enthaupteten stirbt aus diesem Grunde bald ab. Der Erhenkte, der in Kohlendampf oder in unathembaren und nicht direct schädlichen Gasen Erstickte gehen auf diese Weise zu Grunde.

Stimmungsveränderungen des centralen Nervensystems.

§. 1969. Manche Gifte ändern die Stimmung des ganzen centralen Nervensystems oder einzelne Abschnitte desselben in durchgreifender Weise. Hat man das Alkaloid der Brechnuß, das Strychnin, rein oder als Salz in den Magen oder in eine Wunde einverleibt, so verfällt der Mensch oder das Thier in die heftigsten Krämpfe, sobald eine hinreichende Menge des Giftes aufgesogen und mit dem Blute zu dem centralen Nervensysteme übergeführt worden ist. Eine leise mechanische Erschütterung, die einen auf diese Art behandelten Frosch trifft, erzeugt dann einen Anfall lebhafter und mehr oder minder anhaltender Starr-

krämpfe. Eine ähnliche Erscheinung kehrt übrigens auch nach vielen anderen Vergiftungen wieder. Frösche, die Opium bekommen, denen eine Auflösung von Tollkirschenextract, Terpenthinöl oder Schwefeläther in den Mastdarm gespritzt worden, können allgemeine Starrkrämpfe nach äußeren örtlichen Anregungen einige Zeit später darbieten. Die Zusammenziehung der Muskeln der Gliedmaaßen, die sich dann nach dem Gebrauche des Aethers einfindet, scheint den hohen Grad von Intensität, welchen die Strychninvergiftungen erzeugen, nicht darzubieten.

§. 1970. Das Blut braucht nicht immer nothwendiger Weise den Zwischenweg, auf dem das Gift zum Rückenmarke gelangt, abzugeben. Hat man einen Frosch enthauptet, das Herz ausgeschnitten, das Rückenmark bloßgelegt und dieses mit einer Strychninlösung befeuchtet, so erhält man vollständige Starrkrämpfe der Fußmuskeln unter günstigen Nebenverhältnissen. Unmittelbare Wirkung des Strychnin auf das Rückenmark.

§. 1971. Sind das Gehirn und das Rückenmark entfernt worden, so kann man die peripherischen Nerven, wenn selbst der Herzschlag fortdauert, mit einer Strychninlösung befeuchten, ohne daß die §. 1937 geschilderte Stimmungsveränderung nachfolgt. Dieses Gift wirkt daher nur durch das centrale Nervensystem und zwar vorzugsweise durch die grauen Massen desselben. Es versteht sich übrigens von selbst, daß die Strychninlösung keine anderen Verbindungen, die den Nerveninhalt ändern, enthalten darf. Die Opiumtinctur oder der Aether hemmen die Thätigkeit derjenigen Bezirke der peripherischen Nervenstämme, welche sie inniger durchdringen können. Allgemeine Starrkrämpfe folgen aber nicht nach. Wirkung auf die peripherischen Nerven.

§. 1972. Bedenkt man, daß wenige Milligramme des Strychnin hinreichen, um die heftigsten Starrkrämpfe eines Säugethieres zum Vorschein zu bringen, und das Blut nur einen beschränkten Theil des Giftes zum Rückenmarke führt, so ergiebt sich, daß der veränderte Stimmungszustand von Minimalmengen der schädlichen Verbindungen abhängt. Die Veränderung, welche auf diesem Wege zu Stande kommt, kann auch im Laufe der Zeit allmählig aufgehoben werden. Ein Kaninchen, das wenig Strychnin erhalten, ein Frosch, dem ein schwaches Opium- oder Belladonna- und selbst ein stärkeres Aetherklystier beigebracht worden, und die in lebhafte Starrkrämpfe verfallen waren, können sich wieder am folgenden Tage wohl befinden. Minimalwirkung des Strychnin.

§. 1973. Die Wirkungen des Aethers und des Chloroforms haben deshalb einen besonderen Ruf erlangt, weil die Unempfindlichkeit, die sie zu erzeugen pflegen, die heftigsten Verletzungen ohne Beschwerde ertragen läßt. Man hatte zwar früher schon Menschen, die operirt werden sollten, häufig genug Opium gegeben oder Thieren, an denen man grausamere Versuche anstellen wollte, Opiumtinctur in das Blut gespritzt. Dieses Verfahren war aber zu unsicher oder zu beschwerlich, als daß es sich mit dem von Jackson empfohlenen Gebrauche des Aethers, Unempfindlichkeit durch Aether oder Chloroform.

der später mit dem des Chloroforms nach Simpson's Vorschlag vertauscht worden, messen könnte.

Aetherapparate. §. 1974. Die Aetherapparate bestehen in der Regel aus einem Behälter, auf dessen Boden mit Aether durchtränkte Schwämme liegen. Die Wände der zahlreichen Löcher der Letzteren liefern dann eine reichlichere Verdunstungsfläche. Die atmosphärische Luft, welche den übrigen Raum des Gefäßes ausfüllt und während des Athmens häufig gewechselt wird, sättigt sich daher um so eher mit Aetherdunst. Passende Verbindungsröhren machen die Zuleitung der Gase möglich. Der Mensch athmet dabei durch ein Mundstück, das entgegengesetzte Ventile besitzt. Diese bedingen es, daß die mit Aetherdampf geschwängerte Luft bei dem Einathmen in die Lungen tritt, während die späteren Ausathmungsgase in das Freie davongehen. Das Chloroform greift so tief ein, daß man nur ein Taschentuch, auf dem ein paar Tropfen jener Flüssigkeit gegossen worden, unter die Nase zu halten braucht, um die Betäubung nach kurzer Zeit herbeizuführen.

Aetherbetäubung im Menschen. §. 1975. Ein Mensch, der die Aetherdämpfe einathmet, wird bisweilen von Hustenreiz im Anfange befallen. Ein leichter angenehmer Rausch, der mit einer größeren Empfänglichkeit der Sinne, mit Sinnestäuschungen und Heiterkeit des Gemüthes verbunden ist, folgt nicht selten nach. Phantasieen und selbst Anfälle von Unbändigkeit und Raserei können später auftreten. Die Sinnesthätigkeit oder wenigstens die bewußte Auffassung der Sinneseindrücke geht in der Folge gänzlich verloren. Das Gehör scheint sich dabei länger, als die übrigen Sinne behaupten zu können. Der Mensch spürt nicht mehr die heftigsten Schmerzen oder faßt sie wenigstens nicht so kar, mit jenem Nachdrucke der Ueberlegung und der Erinnerung, welche andere nicht berauschte Personen darbieten, auf. Man kann daher ein ganzes Glied absetzen, ohne daß der Kranke aus seinem Schlafe und seinen Träumen erwacht. Die Trennung der Haut und der großen Nervenstämme, d. h. die schmerzhaftesten Augenblicke der Verstümmelung, führen zu gar keinen oder zu unbedeutenden Gegenwirkungen, wie z. B. nur zu Verzerrungen der Gesichtsmuskeln, zu einzelnen kraftlosen Gegenbewegungen oder zu rasch vorübergehenden leisen Schmerzensäußerungen. Es ereignet sich bisweilen, daß der in seinem Gedankengange irre gewordene Kranke den Eingriff ansieht, ohne deshalb irgendwie aufgeregt zu werden. Manche schreien zwar. Sie erinnern sich aber später im wachen Zustande des vorangegangenen Leidens nicht mehr. Die Tastempfänglichkeit der Haut führt dabei nicht selten zu einer eigenthümlichen Erscheinung. Es giebt einen Zeitraum der Aetherbetäubung, in welcher der Mensch einen Nadelstich spürt, einen angedrückten Stab wie einen stumpferen und breiteren Körper (§. 1651.) fühlt und Hauteinschnitte dessenungeachtet ohne Widerstand ertragen kann.

§. 1976. Schreitet die Aetherwirkung weiter fort, so wird das Antlitz blaß. Die Sinne verlieren ihre objectiven Thätigkeiten (§. 1433.) gänzlich. Die Muskeln erschlaffen in auffallendem Maaße. Sie ver-

lieren an Elasticität und ziehen sich daher nach der Durchschneidung weniger zurück (§. 1272.). Schnarchen oder Röcheln begleiten den tiefen Schlaf, in den der Kranke verfallen ist. Die äußere Aehnlichkeit mit einem sterbenden Menschen tritt immer schärfer hervor. Strömt jetzt reinere Luft in die Lungen ein, so erholt sich der Mensch in nicht gar langer Zeit vollständig. Eingenommenheit des Kopfes, ein Aethergeruch des Athems und der durch Aufstoßen hervorgetriebenen Luftmassen und bisweilen Uebelkeiten, Traurigkeit und Abgeschlagenheit bleiben höchstens für einige Zeit zurück. Der Mensch erinnert sich an die Träume, die er während des Aetherrausches hatte, mit größerer Lebhaftigkeit, als an alle Veränderungen, die mit ihm während jener Zeit vorgenommen wurden. Er deutet dann auf die Eingriffe, die ihn während der Betäubung betroffen haben, nach jenen phantastischen Grundlagen, die seinen Geist ausschließlich beschäftigten. Es kommt endlich bisweilen vor, daß er eine Rede, welche die Aetherbetäubung in der Mitte unterbrochen hatte, nach dem Erwachen unmittelbar fortsetzt.

Wirkung des Chloroform.

§. 1977. Das Chloroform betäubt in ähnlicher Art wie der Schwefeläther. Es wirkt aber kraftvoller und rascher als dieser. Manche Menschen, in denen die Dämpfe des Aethers unvollkommen oder gar nicht berauschten, werden von denen des Chloroform binnen Kurzem betäubt. Anfälle heftiger Aufregung, unwillkührlicher Abgang von Harn oder Koth und später tiefer mit Schnarchen oder Röcheln verbundener Schlaf kommen hier häufiger zum Vorschein. Der Gebrauch des Chloroform ist im Ganzen gefährlicher als der des Aethers. Dieser tödtet nur, wenn man die Einathmung zu lange unausgesetzt unterhalten hat. Hört man dagegen mit dem Versuche auf, so nehmen die regelwidrigen Erscheinungen geraden Weges wiederum ab. Die gefährlichsten Zeichen verlieren sich fast immer nach einiger Ruhezeit. Das Chloroform dagegen wirkt häufig nach. Die Betäubung dauert sehr lange fort. Sie kann sogar noch, wenn wieder reine Luft in die Lungen gelangt, merklich zunehmen. Man hat daher hier die Wirkungen nicht so sicher als bei dem Aether in Händen.

Bedingungen der Erholung.

§. 1978. Die Möglichkeit der Erholung der Säugethiere und der Vögel ist nur dann gegeben, wenn die Athmung selbst während der Betäubungszeit, wiewohl geschwächt, fortgedauert hat. Diese Bedingung kehrt für die Frösche nicht wieder. Die Thiere bieten oft keine Spur von Athembewegungen die längste Zeit dar. Die frühere Munterkeit zeigt sich später dessenungeachtet wieder, sobald nur nicht der Herzschlag länger stillgestanden hat.

Betäubung der einzelnen Theile des centralen Nervensystemes.

§. 1979. Die sogleich eintretenden Geistesstörungen und die kurz darauf sich geltend machende Schmerzlosigkeit (§. 1975.) lehren deutlich, daß das Gehirn von den Einflüssen der Aetherdünste frühzeitig ergriffen wird. Das Rückenmark scheint dann zunächst zu folgen. Man kann später diejenigen Muskelmassen, die von Rückenmarksnerven versorgt werden, weder von dem Rückenmarke, noch von den Nervenstämmen aus mit mechanischen Reizmitteln oder selbst mit dem Magnetelektromotor

(§. 248.) in Thätigkeit setzen. Die verschiedenen Wirkungen des verlängerten Markes, dessen Lähmung zuletzt eingreift, sterben nicht gleichzeitig ab. Die willkührlich beweglichen Muskeln, welche von diesem Theile des Nervensystems abhängen, verkürzen sich nach Nervenreizen nicht mehr, die Verletzung des verlängerten Markes erzeugt keinen Schmerz, wenn selbst noch die von ihm geleiteten Athembewegungen fortdauern. Die Empfänglichkeit der hinteren Empfindungswurzeln der Säugethiere pflegt früher, als die vorderen Bewegungswurzeln (§. 1720.) zu Grunde zu gehen.

Gang der Erholung.

§. 1980. Diejenigen Abschnitte, welche der Wirkung des Aetherdampfes am Spätesten erliegen, scheinen sich auch in der Folge um so eher erholen zu können. Die Augenlider liefern wiederum ihre entsprechenden Reflexbewegungen (§. 1944.) früher als die übrigen Theile des Gesichtes, und diese verkürzen sich meist nach Hautreizen eher als die Gliedmaaßen. Die Vorderbeine pflegen in dieser Hinsicht den Hinterfüßen voranzueilen.

Größere Zähigkeit der Eingeweide.

§. 1981. Die Brust- und die Baucheingeweide sterben später als die freien Muskeln des Rumpfes und der Glieder ab. Man kann häufig die Zehen des betäubten Frosches drücken, ohne daß Reflexbewegungen zum Vorschein kommen (§. 1950.). Läßt man die gleiche Erregung auf einen Abschnitt des Magens wirken, so gelangt man eher zum Ziele. Das Herz schlägt später immer noch fort, wenn die freien Körpermuskeln keine Reize, die ihre Nerven treffen können, irgendwie beantworten.

§. 1982. Man hat aus diesen Thatsachen auf die Selbstständigkeit des sympathischen Nerven (§. 1781.) zurückschließen wollen. Zweierlei Erscheinungen stellen sich jedoch dieser Auffassungsweise entschieden entgegen. Die längere Empfänglichkeitsdauer des Magens und des Herzens hängt damit zusammen, daß diese Gebilde von dem herumschweifenden Nerven (§. 1752.), und daher von dem verlängerten Marke, das erst später gelähmt wird (§. 1979.), größtentheils oder gänzlich bestimmt werden. Die hinteren Lymphherzen (*hi*, Fig. 387, S. 565.) klopfen überdies noch ruhig fort, wenn kein Hautreiz, der die Zehen trifft, Reflexbewegungen einleitet. Man kann ihre Thätigkeit von dem Rückenmarke aus durch elektrische Erregungen aufheben (§. 1752.), wenn zugleich die freien Körpermuskeln völlig ruhig bleiben. Da aber jene Gebilde von nicht gangliösen Rückenmarksnerven beherrscht werden (§. 1793.), so ergiebt sich, daß hier andere Gründe, als die knotige Beschaffenheit der Nervenstämme oder die Eigenthümlichkeit des Sympathicus den größeren Widerstand bedingen müssen.

Einfluß auf den Kreislauf und die Eigenwärme.

§. 1983. Die Fortdauer des Herzschlages erklärt es, weshalb das Blut die Haargefäße der Schwimmhaut des Frosches (§. 651.) bald langsamer, bald dagegen mit der gewöhnlichen Geschwindigkeit zu durchsetzen pflegt, wenn man selbst keine Spur von Athembewegungen mehr wahrnimmt. Wird der Gasaustausch der höheren Geschöpfe tiefer gestört, so bietet das Schlagaderblut eine dunkelrothe Farbe (§. 826.) dar.

Sind die höheren Betäubungsgrade langsamer eingetreten, so findet man die Eigenwärme des Mastdarmes der Säugethiere oder der Kloake der Vögel beträchtlich erniedrigt. Der rasche Eintritt der lebensgefährlichen Erscheinungen oder des Todes kann aber auch diese Nebenwirkung aufheben.

§. 1984. Die Wirkung der Aetherdünste hat weder die Nebenhilfe des centralen Nervensystems (§. 1971.), noch die der peripherischen Nervenstämme in jedem Falle nöthig. Legt man ein Froschpräparat (Fig. 231, S. 391.) in einen mit Aetherdämpfen gesättigten Luftraum, so nimmt die Empfänglichkeit desselben nach und nach ab. Ein ausgeschnittenes Froschherz (§. 598.) hört dann nach einiger Zeit zu klopfen auf. Die Härchen einer getrennten Flimmerhaut (§. 1195.) stehen ebenfalls früher oder später still. Die beweglichen Samenkörper (§. 1215.) liefern wahrscheinlich ähnliche Erfolge. Die Froschpräparate, das Herz und die Flimmerwimpern erholen sich in günstigen Fällen im Freien. Sie können daher von den Aetherdämpfen zu wiederholten Malen betäubt werden. Das Chloroform bietet ähnliche Erscheinungen dar. Gießt man es in eine Wunde, so verliert diese ihre Schmerzensempfindlichkeit etwas früher, als sich die allgemeine Wirkung geltend macht. Oertliche Wirkung der Aether- und Chloroformdünste.

§. 1985. Die eben erwähnten Thatsachen deuten darauf hin, daß der Aether- und der Chloroformdunst die Molecularbeschaffenheit der centralen Nervenmassen, der peripherischen Nervenfasern (der Muskelfasern?), der Flimmerhaare und vermuthlich auch der beweglichen Samenkörper wesentlich ändern. Wir haben hier wieder Einflüsse von Minimalwirkungen, wie wir schon §. 1972 für andere Gifte kennen gelernt haben. Die Verdunstung des Aethers oder des Chloroform liegt vermuthlich der Erholung zum Grunde. Es ergiebt sich hieraus, daß diese Verbindungen keine Nebenzersetzungen, welche die Rückkehr zu den regelrechten Mischungszuständen hindern, einleiten können. Wirkungsweise der Aether- und der Chloroformdämpfe.

§. 1986. Wir haben schon §. 1854 gesehen, daß die Veränderungen, welche das Strychnin oder der Aether in dem lebenden Thiere bedingen, nur die Quantität der Empfänglichkeit herabsetzen, nicht aber die Artstimmung der Nerven durchgreifend wechseln lassen. Die ätherisirten Froschpräparate führen zu dem gleichen Schlusse. Der Aether entzieht daher nur am Ende dem Nervenmarke die Fähigkeit, die Erregungen von Molecül zu Molecül auf dem Wege des Contactes fortzupflanzen. Er dreht aber nicht die Atome und verleiht ihnen keine anderen Polaritätserscheinungen (§. 1883.), so daß z. B. ein Froschpräparat, das früher einseitige gleichartige Zuckungen (§. 1862.) lieferte, ungleichartige nach mäßiger Betäubung darzubieten vermöchte (§. 1862.). Die Dämpfe der Essigsäure können hingegen allerdings einen solchen durchgreifenderen Umschwung der Molecularverhältnisse in selteneren Fällen darbieten.

§. 1987. Eine eigenthümliche seröse Absonderung, die Hirn- und Rückenmarks- oder die Cerebrospinalflüssigkeit, füllt die Hirnhöhlen, die Sylvische Wasserleitung (*h*, Fig. 405, S. 602.) und die Zwischenräume, Cerebrospinalflüssigkeit.

welche die Spinnwebenhaut und die weiche Haut (§. 1719.) übrig lassen, aus. Die Wassersucht des Gehirns und des Rückenmarkes entsteht aus der krankhaften Vermehrung dieser flüssigen Zwischenmasse.

§. 1988. Sticht man die zwischen dem Schädel und dem ersten Halswirbel bloßgelegte harte Hirnhaut eines Kaninchens an, so stürzt eine gewisse Menge von Cerebrospinalflüssigkeit in einem stärkeren oder schwächeren Bogenstrahle hervor. Das Thier ist dann nicht mehr im Stande, sein Gleichgewicht, wie früher, zu behaupten. Es schwankt häufig wie ein berauschtes Geschöpf, fällt bei hastigem Laufen leicht um und bewegt seine Beine minder zweckmäßig, als im gesunden Zustande. Magendie glaubte, diese Erscheinungen von dem Mangel der Cerebrospinalflüssigkeit selbst herleiten zu können. Die veränderten Druck= und Reibungsverhältnisse sollten tiefere Störungen des centralen Nervensystems, welche der Pünktlichkeit der Wirkungen wesentlich schadeten, unmittelbar herbeiführen. Da aber die Bloßlegung eines beträchtlichen Theiles des Rückenmarkes oder des Gehirns jene Folgen nicht immer erzeugt, so ergiebt sich, daß der Grenzbezirk des Kopfes und der Wirbelsäule gewisse wesentliche Nebenbedingungen darbieten muß. Longet suchte seinerseits zu beweisen, daß die Trennung der Nackenmuskeln, welche der Entblößung der harten Hirnhaut vorangehen muß, die Hauptursache der Gleichgewichtsstörungen liefert. Die Bezirke der Kleinhirnschenkel (bei *m*, Fig. 405, S. 602.) sollen dann nach ihm übermäßig gezerrt werden und auf die übrigen centralen Nervenmassen zurückwirken.

Geschlossener Raum der Schädelhöhle. §. 1989. Der Schädel des Erwachsenen bildet eine harte Kapsel, die von unnachgiebigen Wandungen fast überall umschlossen wird. Die Hirnhäute, die Cerebrospinalflüssigkeit, das Gehirn, die Gefäße und die Nerven füllen sie vollständig aus. Etwas Aehnliches kehrt zwar auch an der Wirbelsäule wieder. Die Begrenzungswände enthalten aber hier eine bedeutendere Menge von Weichgebilden, die sich nach außen hin dehnen und den absoluten Innenraum auf diese Weise eher vergrößern können.

Eintritt neuer Flüssigkeiten in die Schädelhöhle. §. 1990. Die Compressionselasticität der festen und der flüssigen Körper (§. 69.) ist so unbedeutend, daß man sie für die gewöhnlichen Druckveränderungen, denen das centrale Nervensystem ausgesetzt wird, ohne Weiteres vernachlässigen darf. Soll nun mehr Blut in die Gefäße der Schädelhöhle und des Gehirns einströmen, so wird dieses nur auf dem Wege der Verdrängung oder des Ersatzes möglich gemacht werden. Die Cerebrospinalflüssigkeit kann nach der nachgiebigeren Höhle der Wirbelsäule, und Blut nach den reichlichen Sinus dieses Theiles des Skelettes und den Venen des Halses abfließen. Ist aber die ebenfalls nicht bedeutende Raumvergrößerung, welche die Zwischenwirbelmassen gestatten, in Anspruch genommen, so könnte nur dann mehr Blut in der Schädelhöhle angehäuft werden, wenn dafür Lymphe fortgeht oder der Umfang der Nervensubstanz selbst aus irgend einer krankhaften Ursache abgenommen hat. Die Hirncongestionen (§. 1046.) stoßen daher auf

einen von den physikalischen Verhältnissen abhängigen und bald erreichten Grenzwerth, so lange keine außerordentlichen Nebenbedingungen begünstigend eingreifen. Die regelwidrige Vermehrung der Cerebrospinalflüssigkeit, welche die verschiedenen Wassersuchten des centralen Nervensystems erzeugen (§. 877.), werden den gleichen Hindernissen begegnen können. Es erklärt sich endlich hieraus, weshalb die Schädelhöhle Enthaupteter weniger Blut, als die äußeren Weichgebilde des Kopfes, zu verlieren pflegt.

§. 1991. Die erwähnten Erscheinungen setzen natürlich voraus, daß die harte Hirnschale den gesammten Hohlraum, in dem sich das Gehirn befindet, unnachgiebig abschließt. Diese Grundbedingung fehlt aber in dem Neugeborenen und dem zarten Kinde. Der Schädel hat dann mehrere weiche knorpelige Stellen, wie die große Fontanelle, *d*, Fig. 409, die zwischen den Stirn- und den Scheitelbeinen, zwischen *a* und *b*, liegt, die kleine *g*, die sich zwischen diesem Letzteren *b* und dem Hinterhauptbeine *c* befindet. Der niedere Elasticitätscoefficient (§. 52.) dieser Gebilde erweitert daher den Spielraum des Zu- oder des Abflusses der Flüssigkeiten. Hat man ein Knochenstück aus dem Schädel eines Erwachsenen auf dem Trepanationswege entfernt oder die ganze Schädeldecke eines Thieres abgehoben, so kehren natürlich freiere Verhältnisse ebenfalls wieder. Eigenthümlichkeiten des Kinderschädels.

Fig. 409.



§. 1992. Das bloßgelegte Gehirn eines Säugethieres oder eines Menschen zeigt zweierlei Bewegungsarten, eine arterielle und eine respiratorische. Jene fällt mit dem Pulsschlage, diese dagegen mit der Ein- und der Ausathmung zusammen. Die letztere liefert stärkere Ausschläge als die erstere. Tiefe Athembewegungen begünstigen aber vor Allem die Größe der Ortsveränderung. Die arterielle Hirnbewegung scheint auf den ersten Blick in kleineren Säugethieren, wie dem Kaninchen, gänzlich zu fehlen. Gehirnbewegung.

§. 1993. Der Stoß und die bedeutendere Füllung der Schlagadern, welche die Systole der linken Herzkammer erzeugt (§. 610.), heben und erweitern die Hirnmasse. Da die Verbindungsschlagader der Hirncarotiden und der Vertebralarterien zwischen der Grundfläche der Gehirnmasse und der der Schädelhöhle dahingeht, so kann jene um so kräftiger emporgeschoben werden. Die tiefe Ausathmung treibt das Schlagaderblut mit größerer Gewalt peripherisch weiter (§. 625.). Sie hindert zugleich den centripetalen Lauf anderer Flüssigkeiten, wie der Lymphe oder des Venenblutes. Diese Erscheinungen erklären die respiratorische Arterielle Hirnbewegung.

Ortsveränderung. Sie erläutern zugleich, weshalb der Strahl der Cerebrospinalflüssigkeit, der aus einer Oeffnung des obersten Theiles der Rückenmarkshüllen hervorquillt (§. 1988.), einen weiteren Bogen bei der tiefen Ausathmung und einen kleineren während des nachdrücklichen Einathmens beschreibt. Drückt man den Brustkorb eines eben getödteten Hundes mit den Händen zusammen, so kann man die gleichen Folgewirkungen künstlich erzeugen.

Bewegungen des Rückenmarkes. §. 1994. Das bloßgelegte Rückenmark liefert schwächere Bewegungen als die frei gemachte Hirnmasse. Die respiratorische Verschiebung läßt sich hier sicherer, die arterielle dagegen nur spurweise erkennen.

Verhältnisse in dem unversehrten Körper. §. 1995. Die §. 1990 dargestellten Thatsachen können zur Vermuthung führen, daß sich diese Erscheinungen in dem unversehrten Körper anders gestalten werden. Da der Widerstand der Begrenzungswände den Zufluß neuer Massen rasch beschränkt, so wird hier die Veränderung eine geringere Breite des Spielraumes jedenfalls erreichen müssen. Die arterielle und die respiratorische Bewegung fallen wahrscheinlich nicht gänzlich hinweg, weil ein Theil der in der Schädelhöhle befindlichen Cerebrospinalflüssigkeit nach der Wirbelsäule hin ausweichen kann (§. 1990.). Ein Mensch, dessen Kopf eingenommen ist, leidet daher leicht an Kopfschmerz, Schwarzwerden vor den Augen und ähnlichen Beschwerden, wenn er seine Bauchpresse (§. 393.) in ungewöhnlichem Grade anstrengt. Der Ausschlag wird aber in dem Erwachsenen kleiner, als in dem zarten Kinde ausfallen (§. 1991.). Man sieht und fühlt auch, wie die große Fontanelle des Säuglings (*d*, Fig. 409, S. 623.) nach einem den Athembewegungen entsprechenden Rhythmus auf- und niedergeht.

Schmerzensempfänglichkeit des centralen Nervensystemes. §. 1996. Die geringsten Verletzungen mancher Bezirke des centralen Nervensystemes führen zu den lebhaftesten Schmerzensäußerungen. Andere Gegenden desselben aber können, ohne daß unangenehme Empfindungen nachfolgen, gedrückt oder zerrissen zu werden. Der Mensch oder das Thier bemerkt den Eingriff eben so wenig, als wenn man ihnen die Haare oder die Nägel abschneidet.

Empfindungs- und Bewegungseinflüsse des Rückenmarkes. §. 1997. Eine jede Erregung, welche die hinteren Rückenmarksstränge, d. h. die Nachbarbezirke der hinteren empfindlichen Rückenmarkswurzeln (*dd*, Fig. 373, S. 541.) trifft, ruft die lebhaftesten Schmerzen hervor. Die Markmasse der Vorderstränge dagegen ist eben so unempfindlich als die Bewegungswurzeln (§. 1720.), die in das Innere derselben eindringen. Die Reizung erzeugt die lebhaftesten Muskelverkürzungen. Die seitlichen Stränge des Rückenmarkes gehören zu den gemischten Gebilden. Sie zwingen die entsprechenden Körpermuskeln zur Zusammenziehung, besitzen aber zugleich eine gewisse Empfindlichkeit, die jedoch schwächer, als die der Hinterstränge ausfällt.

Empfindliche und unempfindliche Gegenden des Gehirns. §. 1998. Die Oberflächen des verlängerten Markes (bei *h*, Fig. 405, S. 602.) und der Brücke (bei *i*, Fig. 405.), die verschiedenen Markschenkel (*m*, Fig. 405.) des kleinen Gehirns (*dg*, Fig. 405.), die Groß-

hirnschenkel (zwischen *i* und *o*, Fig. 405.), die tieferen Markmassen des kleinen Gehirns (*g*, Fig. 405.) und die Innentheile der Sehhügel und zum Theil auch der Streifenhügel der Großhirnhalbkugeln (*ac*, Fig. 405.), gehören zu den empfindlichen Abschnitten des Gehirns und des verlängerten Markes. Man kann dagegen Scheiben aus den oberflächlichen grauen oder gemischten Massen (§. 1924.) der Groß- oder der Kleinhirnhemisphären ausschneiden, ohne daß der Mensch oder das Thier das Geringste merkt. Diese Thatsache muß um so mehr auffallen, als die höheren Denkthätigkeiten und die selbstbewußte Aufnahme der Empfindungseindrücke in jenen Bezirken des großen Gehirns vermittelt werden. Viele andere Hirntheile, wie die Wände der Sylvischen Wasserleitung (*h*, Fig. 405, S. 602.), die oberflächlichen Abschnitte der Vierhügel (*i*, Fig. 405.), die Zirbel, die Begrenzungen der dritten Hirnhöhle, die vordere und die weiche Commissur, der Balken (*ff*, Fig. 405.), das Gewölbe (*l*, Fig. 405.), die durchsichtige Scheidewand (zwischen *l* und *f*, Fig. 405.), ein großer Theil der Streifen- und der Sehhügel, viele peripherische Bruchstücke der weißen Massen der Halbkugeln des großen (*a b c*, Fig. 405.) und der Hemisphären (*d*, Fig. 405.) des kleinen Gehirns zeigen ebenfalls keine Spuren von Schmerzensempfindlichkeit.

§. 1999. Wir haben schon früher gesehen, daß die vollständige Quertheilung des Rückenmarkes die bewußte Auffassung der Empfindungen und die willkührliche Bewegung für alle Organe, deren Nerven aus dem hinteren Abschnitte des Rückenmarkes stammen, aufhebt. Ist der Brusttheil desselben in einem Menschen der Quere nach vollständig zerrissen, so werden die Füße gelähmt. Eine ähnliche Verletzung, welche die Mitte der Länge des Halsmarkes getroffen hat, wirkt auf alle vier Extremitäten zurück. Haben die grauen Massen des hinter der Verletzung liegenden Abschnittes des Rückenmarkes ihre Kräfte beibehalten, so bleiben die Reflexbewegungen für die gelähmten Körpertheile immer noch möglich. Quertheilung des Rückenmarkes.

§. 2000. Ist die rechte Hälfte des Rückenmarkes zerstört worden, so leiden die entsprechenden Gebilde der rechten Seite (§. 1948.). Die der linken dagegen büßen dann ihre Lebensthätigkeiten nicht ein. Es macht sich daher kein physiologischer Kreuzungseinfluß in dem Rückenmarke geltend. Seitenhälften des Rückenmarkes.

§. 2001. Der hintere Theil des verlängerten Markes liefert ähnliche Ergebnisse. Die Kreuzungswirkung tritt aber um so schärfer hervor, je weiter man hier nach vorn fortschreitet. Verletzungen der rechten Hälfte der centralen Nervengebilde lähmen oder schwächen dann gewisse entsprechende Körpertheile der linken Seite, und umgekehrt. Ist ein Mensch, den ein Schlagfluß getroffen, an der linken Körperhälfte halbseitig gelähmt worden, so haben in der Regel Blutergüsse, Hydatiden oder tiefere Gewebsentartungen die Gegend des rechten Streifen- und Sehhügels unthätig gemacht. Die näheren Verhältnisse dieser Kreuzungserscheinungen, wie sie sich vorzüglich in Thieren zeigen, sollen uns in der Folge bei Kreuzungswirkungen im Gehirn.

Gelegenheit der Zwangsbewegungen, die gewissen Hirnverletzungen nachfolgen, ausführlicher beschäftigen.

Wirkung des centralen Nervensystems auf die Eingeweide.

§. 2002. Viele Centralgebilde des Nervensystemes können, gleich den Rückenmarkswurzeln, auf die Brust- und die Baucheingeweide, welche ihre meist ganglißsen Nerven aus den zwei herumschweifenden Stämmen (§. 1744.) und den beiden Grenzsträngen des Sympathicus (§. 1787.) beziehen, einwirken. Dieser Einfluß kommt nicht bloß dem Rückenmarke und dem verlängerten Marke, sondern auch einzelnen Abschnitten des großen und des kleinen Gehirns zu. Die gleichen Hauptstücke des centralen Nervensystemes können eben so gut die Eingeweide, als die willkührlich beweglichen Muskelmassen der Glieder beherrschen. Es wäre möglich, daß entsprechende Nervenfasern in beiden Fällen bis zu dem Gehirn vordringen. Die unvollständige Erkenntniß der anatomischen Beziehungen (§. 1927.) läßt aber auch die Annahme offen, daß Uebertragungserscheinungen, welche mehrere Bezirke des centralen Nervensystemes wechselseitig verknüpfen, die Kette vervollständigen. Da der Elektrotonus (§. 1836.) in den Centralgebilden des Nervensystemes ebenfalls wiederkehrt, so dürfte er eine wesentliche Rolle in manchen Versuchen, die mit dem Magnetelektromotor angestellt worden, übernommen haben. Da sich aber auch der Einfluß, den das Gehirn und das Rückenmark auf die Eingeweide ausüben, mit einfachen mechanischen oder chemischen Erregungen nachweisen läßt, so müssen hier jedenfalls besondere Mittheilungserscheinungen oder eine directe Abhängigkeit eingreifen.

Verhältnisse des Herzens.

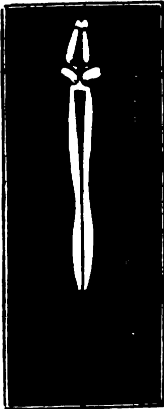
§. 2003. Das ruhende Herz des getödteten Frosches kann eben so wenig von dem Rückenmarke, als von dem Sympathicus aus (§. 1788.) von Neuem erregt werden. Läßt man dagegen die Schläge des Magnetelektromotors durch das verlängerte Mark dringen, so hört der Herzschlag des lebenden Geschöpfes bald auf. Dauert die Reizung länger fort, so beginnt wiederum der Herzschlag, wie nach der anhaltenden Galvanisation einer beschränkten Stelle des Vagusstammes (§. 1754.).

§. 2004. Wir haben §. 1788 gesehen, daß die rasch wiederholte elektrische Anregung des Vagus das Herz der Säugethiere zur Ruhe zwingt, die des Sympathicus dagegen den Herzschlag beschleunigen kann. Der gleiche Gegensatz kehrt hier zwischen dem verlängerten Marke und dem obersten Theile des Rückenmarkes wieder. Jenes erzeugt Stillstand und dieses Beschleunigung der Herzschläge. Der vordere und der mittlere Abschnitt des Rückenmarkes der Fische dagegen können das Herz, vielleicht durch elektrotonische Nebenwirkungen, zur Ruhe zwingen.

§. 2005. Kein Theil des centralen Nervensystemes wirkt so entschieden auf die Herzthätigkeit als das verlängerte Mark. Dieses bewahrt auch noch seine Einflüsse, wenn die übrigen Centralgebilde ihre Kräfte auf dem Wege der Erschöpfung oder einige Zeit nach dem Tode verloren haben. Hat man das centrale Nervensystem in einem lebenden Frosche bloßgelegt, so führt die elektrische Erregung des ganzen verlängerten Markes (*D* bis *F*, Fig. 410.) zu diastolischem Stillstande der

Herzthätigkeit in jedem Falle. Das nur spurweise vorhandene kleine Gehirn (*D*), und die Vierhügel (vor *D*) liefern bisweilen das Gleiche, die Sehlappen (*B*) dagegen nur unter besonders anregenden Nebenverhältnissen. Die Großhirnhalbkugeln *A* schließen jeden Erfolg der Art in sicheren Versuchen völlig aus. Es frägt sich aber in allen diesen Fällen, ob nicht die Fortleitung durch die feuchten Gewebe und des Elektrotonus bloße Scheinergebnisse bedingen können. Der Balken und die tieferen Seitentheile der Großhirnhemisphäre, so wie die Großhirnschenkel und die Vierhügel wirken häufig auf das Herz der frisch getödteten Säugethiere in unzweifelhafter Weise.

Fig. 410.



§. 2006. Wir werden später sehen, welchen Einfluß das verlängerte Mark auf die Athmungswerkzeuge ausübt. Dieser Abschnitt des centralen Nervensystemes leitet zugleich die Thätigkeiten des Schlundes und der Speiseröhre. Man erhält aber dann keine Wurmbewegungen mehr in Hunden, Katzen oder Kaninchen, die einige Minuten vorher getödtet worden. Die Speiseröhre zieht sich vielmehr ruckweise oder anhaltend im Ganzen zusammen (§. 1302.). Verhältnisse der Schlingwerkzeuge.

§. 2007. Der Magen und die dünnen Gedärme der Kaninchen, des Pferdes, der Katzen und zum Theil der Hunde, können verhältnißmäßig häufig von dem centralen Nervensysteme aus zur Verkürzung gezwungen werden. Der mittlere und der obere Abschnitt des Rückenmarkes, das verlängerte Mark, die tieferen Bezirke des kleinen Gehirns, die Großhirnschenkel, die Seh- und die Streifenhügel erzeugen oft genug tiefe Einschnitte oder leisere Furchen in dem Magen und lebhafte Wurmbewegungen in diesem und dem Dünndarm der frisch getödteten Säugethiere. Da die Erfolge nach der Trennung der beiden herumschweifenden Nerven und der Quertheilung des untersten Abschnittes der Speiseröhre wiederkehren, so ergiebt sich, daß sie nicht immer von den Einflüssen des Vagus oder der mechanischen Fortpflanzung der Zusammenziehung der Speiseröhre (§. 1755.), sondern von den Wirkungen der Sympathicusfasern herrühren. Verhältnisse des Nahrungscanales.

§. 2008. Fast das ganze Rückenmark, das verlängerte Mark und die §. 2007. angeführten Theile des großen Gehirns können die dicken Gedärme und die Harnblase beherrschen. Der obere und der mittlere Theil des Rückenmarkes, das verlängerte Mark, die Sehhügel und bisweilen auch die tieferen Stücke des kleinen Gehirns führen nicht selten zu lebhaften von oben nach unten gehenden Wellenbewegungen der Harnleiter des frisch getödteten Kaninchens. Oertliche elektrische Erregungen, die den Ureter selbst treffen, ziehen dann häufig keine Verkürzungen desselben nach sich. Die Samenleiter, die Eileiter und die Gebärmutter Verhältnisse des Dickdarmes, des Harnleiters und der Geschlechtstheile.

gehorchen dem ganzen Rückenmark, dem verlängerten Mark und hin und wieder auch dem kleinen Gehirn.

Ungleicher Verlust der Empfänglichkeit. §. 2009. Man kann in frisch getödteten Kaninchen häufig bemerken, daß die Reizung einzelner Centralgebilde, wie des Rückenmarkes, die freien Körpermuskeln in Ruhe läßt, während die Eingeweide auf das Pünktlichste antworten. Vögel dagegen liefern nicht selten das entgegengesetzte Ergebniß. Es ereignet sich in manchen Fällen, daß der Harnleiter die lebhaftesten Wellen darbietet, wenn der Nahrungscanal schon gänzlich schweigt. Die einzelnen Centralgewebe, welche die verschiedenen peripherischen Werkzeuge beherrschen, verlieren mit einem Worte ihre Empfänglichkeit in ungleichem Maaße.

Verhältnisse der Lymphherzen. §. 2010. Wir haben schon §. 1793 aus den Thätigkeiten des Lymphherzen geschlossen, daß der Rhythmus der Herzbewegung die Mitwirkung der peripherischen Ganglien nicht voraussetzt. Die Beziehungen, in denen jene Gebilde zu dem centralen Nervensysteme stehen, können eine andere verwandte Vorstellung beseitigen helfen. Diejenigen Forscher nämlich, welche die physiologische Selbstständigkeit des Sympathicus oder der Ganglien (§. 1781.) vertheidigten, glaubten die Einflüsse, die das Gehirn und das Rückenmark auf die Brust- und die Baucheingeweide ausüben, als Folgen der Mittheilung deuten zu müssen. Die Erregungen des centralen Nervensystemes sollten sich auf die selbstständigen Ganglienfasern in dem Innern des Nervenknoten übertragen. Da aber die Nerven, welche die Lymphherzen beherrschen (§. 1793.), keine Ganglienkugeln besitzen, da ihre Fasern unmittelbar aus dem Rückenmarke kommen, so ergiebt sich, daß klopfende Herzen, für deren Thätigkeit man ein besonderes selbstständiges Nervensystem annehmen zu müssen glaubte, von dem centralen Nervensysteme, gleich anderen Körpertheilen direct abhängen können.

§. 2011. Hat man den Frosch an dem Grenzbezirke des verlängerten Markes und des Rückenmarkes (bei *EF*, Fig. 410, S. 627.) enthauptet, so stehen nicht selten die Lymphherzen in der ersten Zeit vollkommen still. Sie erholen sich aber noch in der Folge und klopfen dann für lange fort. Da vor Allem der dritte Rückenmarksnerv (*de*, Fig. 386, S. 564. 12, Fig. 374, S. 542.), das vordere, und der zehnte (*g*, Fig. 387, S. 563. 19, Fig. 374.) das hintere Lymphherz versorgt, so wirken wiederum diejenigen Bezirke des Rückenmarkes, welche jene Nervenstämme zunächst aufnehmen (1947.), auf die genannten Gebilde am Deutlichsten ein. Die Zerstörung der entsprechenden Abschnitte des Rückenmarkes schwächt die Lymphherzen. Sie ruhen dann in den ersten Zeiten, die der Verletzung nachfolgen. Sie gewinnen später neue Kräfte und können sogar mehrere Tage lang, vorzüglich nach vorangegangenen mechanischen Reizen, fortklopfen. Die vorderen Lymphherzen unterliegen jedoch hierbei leichter, als die hinteren. Diese zeigen die Eigenthümlichkeit, daß sie sich nicht mehr auf ein Mal, sondern in mehreren Säckchenabtheilungen nach einander zusammenziehen. Der Einfluß des Rücken-

markes bestimmt also hier die Einheitswirkung, nicht aber die Möglichkeit des Wechselrhythmus oder der Fortdauer des Herzschlages.

§. 2012. Setzt man das Rückenmark des Frosches den Schlägen des Magnetelektromotors aus, so stehen die Lymphherzen sogleich still. Hat man dagegen das Thier mit Strychnin vergiftet, so überzeugt man sich nach der Trennung des siebenten (*d*, Fig. 387, S. 563.), des achten (*e*, Fig. 387.) und des neunten (*f*, Fig. 387.) Rückenmarksnerven, daß sie an den allgemeinen Starrkrämpfen nicht Theil nehmen. Ihr Wechselspiel kann auch Tage und selbst Wochen lang nach der Zerstörung der hinteren Hälfte des Rückenmarkes erhalten bleiben.

§. 2013. Man hat die Einflüsse, die das centrale Nervensystem auf die Absonderungen, die Ernährung und die Eigenwärme ausübt, wo möglich noch weniger, als die, welche dem peripherischen Nervensysteme zukommen (§. 1806.), verfolgen können. Die tägliche Erfahrung lehrt hier beinahe mehr, als die bis jetzt vorgenommenen physiologischen Versuche. Die Gallenergüsse, die der Aerger, die Durchfälle, welche der Schreck erzeugt, der fast farblose Harn, den hysterische Frauen nach lebhaften Gemüthseindrücken zu entleeren pflegen, die schädliche Milch, welche aufgeregte Ammen liefern, weisen entschieden nach, daß die Erregungen des Gehirns und des Rückenmarkes auf die Absonderungswerkzeuge zurückwirken. Da sich Gelähmte, deren Rückenmark abgerissen oder sonst zerstört worden, leicht aufliegen, so ergiebt sich, daß das Widerstandsvermögen der Gewebe in diesem Falle ebenfalls gesunken ist (§. 1811.). Kranke der Art leiden an Harnverhaltung (§. 942.) oder an unwillkührlichem Harnergusse (§. 941.). Sucht man den Katheter in die Harnröhre solcher Männer einzuführen, so füllen sich die Maschenräume der Fächergewebe der Ruthe stärker an. Der Umfang des Gliedes nimmt beträchtlich zu. Es steift sich jedoch nicht in so hohem Grade, als nach geschlechtigen Aufregungen. Ganz ähnliche Erectionserscheinungen können übrigens auch scheinbar von selbst, d. h. nach anderen vorübergehenden zufälligen Reizungen, auftreten. Einfluß des centralen Nervensystemes auf den Stoffwechsel.

§. 2014. Man hat die Selbstständigkeit des sympathischen Nervensystemes dadurch beweisen wollen, daß der Kreislauf, die Verdauung, die Harnabsonderung und die Ernährung in Fröschen, deren Gehirn (*ABD*, Fig. 410, S. 627.) und Rückenmark (*FF*, Fig. 410.) zerstört worden, fortdauern. Ist dabei das verlängerte Mark (*EF*, Fig. 410.) unversehrt geblieben, so erhält sich der Herzschlag weit länger, als wenn auch dieser Abschnitt des centralen Nervensystemes zu Grunde gegangen. Die Dauer des Kreislaufes wird aber der des Herzschlages entsprechen. Der Durchgang des Blutes durch die Drüsen und die übrigen Gewebtheile macht dann die Absonderung (§. 850.) und die Ausschwitzung der Ernährungsflüssigkeit (§. 1010.) zur physikalischen Nothwendigkeit. Die allgemeine Thatsache, daß die Thätigkeiten des Stoffwandels unter diesen Verhältnissen nicht unterbrochen werden, beweist noch nicht, daß hier Nerven, die von dem Gehirn und dem Rückenmarke nicht abhängen,

nothwendigerweise mitwirken. Werden die Fasern, welche die Absonderungsgänge, die Blutgefäße und die übrigen in Betracht kommenden Gewebe versorgen, von dem centralen Nervensysteme theilweise oder gänzlich beherrscht, so läßt sich erwarten, daß untergeordnete Abweichungen nach der Zerstörung desselben troß der regelrechten Fortdauer des Herzschlages zum Vorschein kommen werden.

§. 2015. Die chemische Untersuchung der Absonderungen ist noch nicht so weit vorgeschritten, daß sich die Frage in dieser Hinsicht genügend entscheiden ließe. Es leidet dagegen keinen Zweifel, daß die Entfernung des Rückenmarkes der Frösche das Widerstandsvermögen der gelähmten Theile herabsetzt. Werden die Thiere in unreinem Wasser aufbewahrt, so findet man nach einiger Zeit, daß die Hinterbeine wassersüchtig angeschwollen sind, nicht selten Geschwüre bekommen und sogar theilweise abfaulen. Es kehren überhaupt alle §. 1811 dargestellten Erscheinungen und zwar nicht selten in durchgreifenderem Grade mit der Zeit wieder. Der Mensch und die Säugethiere liefern ähnliche Zerstörungen, zu denen sich die entsprechenden Schwankungen der örtlichen Eigenwärme hinzugesellen.

Zwangsbewegungen.

§. 2016. Manche beschränkte Verletzungen des centralen Nervensystemes führen zu sogenannten Zwangsbewegungen, d. h. das Thier wiederholt eine Reihe eigenthümlicher vorgeschriebener und daher zum Theil unwillkührlicher Ortsveränderungen, deren Art und Richtung von der Beschaffenheit des vorangegangenen Eingriffes bestimmt wird. Es geht gerade vor- oder rückwärts, dreht sich liegend um die Längenachse seines Körpers, stehend um eines der Hinterbeine oder gehend im Bogen gleich einem Pferde herum, das man an der Leine im Kreise führt. Diese Bewegungen treten nicht selten scheinbar ohne äußere Anregung, d. h. durch innere Impulse, auf. Man findet in anderen Fällen, daß sich das Geschöpf eine Zeit lang ruhig verhält. Will es dagegen seine Stellung verändern, so greift die vorgeschriebene Zwangsbewegung, wie der Gang eines Uhrwerkes, dessen Sperrhaken gelöst worden, unnachsichtig ein. Erst die nachfolgende Erschöpfung führt zur früheren Ruhe nach einer Reihe von Wiederholungen abermals zurück.

Drehungen

§. 2017. Die vollständige oder die unvollkommene Quertheilung des Rückenmarkes zieht keine merklichen Zwangsbewegungen nach sich. Hat man dagegen das verlängerte Mark einseitig eingeschnitten, so können schon Krümmungen des Rumpfes und Schielbewegungen der Augen zum Vorschein kommen.

§. 2018. Führt man einen Längeneinschnitt durch irgend einen Bezirk der rechten Hälfte der Varolsbrücke (über *ih*, Fig. 405, S. 602.) eines Kaninchens, so rollt das Thier im Durchschnitt um so lebhafter nach rechts, je weiter die Verletzung von der Mittellinie entfernt liegt. Hat man dagegen eine symmetrische ähnliche Verletzung an der anderen Seite angebracht, so beruhigt sich das verstümmelte Geschöpf nach diesem zweiten Eingriffe. Die Zwangsbewegung geht also hier aus einer seitlichen

Gleichgewichtsstörung hervor. Man kann sie gewissermaaßen mit dem Herabsinken der einen Schaale einer Wage, wenn die zweite fortgenommen worden, zu vergleichen suchen. Ein Längenschnitt, der gerade in der Mittellinie dahin geht, erzeugt nach Magendie Schwankungen von einer Seite zur anderen, nicht aber die eben erwähnten Zwangsbewegungen.

§. 2019. Hat man den einen der Kleinhirnschenkel (bei *m*, Fig. 405, S. 602.) getrennt, so erhält man ebenfalls lebhafte Drehungen, deren Richtung von der Oertlichkeit der Verletzung in hohem Grade abhängt. Liegt die Verwundungsstelle näher nach dem verlängerten Marke hin, so pflegt die Wendung nach der Seite, an welcher der Eingriff Statt fand, vor sich zu gehen. Befindet sie sich dagegen weiter hinten und oben in dem Bereiche der Markmasse (*g*, Fig. 405.) der einen Halbkugel des kleinen Gehirns, so erhält man das entgegengesetzte Ergebniß. Das Auge der gleichen Seite wälzt sich hin und her oder stiert nach oben und hinten, während das der gegenüberstehenden Kopfhälfte nach vorn und unten gerichtet ist.

§. 2020. Dieser Einfluß der Oertlichkeit der durchschnittenen und der durch den Eingriff freigegebenen Nervengebilde scheint auch in einem großen Theile der übrigen Masse des kleinen Gehirns wiederzukehren. Ein Längenschnitt, der die eine Halbkugel trifft (*d*, Fig. 405, S. 602.) erzeugt Bogenbewegungen, die demgemäß nach der verletzten oder der unversehrten Seite sehen. Fügt man einen symmetrischen Schnitt in der zweiten Kleinhirnhemisphäre hinzu, so kann das Thier gerade vorwärts schreiten. Eine Längstheilung des Wurmes, die das ganze kleine Gehirn in zwei ungefähr gleiche Seitenhälften sondert, führt nur zu Schwankungen (§. 2018.), wie sie etwa ein trunkenes Geschöpf darbieten würde.

§. 2021. Manche Forscher glaubten bemerkt zu haben, daß Thiere, deren kleines Gehirn abgetragen oder auch nur in ausgedehnterem Maaße verletzt worden, unwillkührlich rückwärts gehen, so wie sie irgend eine Ortsveränderung vornehmen wollen. Diese Erscheinung läßt sich jedoch nur in einzelnen, im Ganzen selteneren Fällen unzweifelhaft nachweisen. Sie kann sich sogar zu einer Zeit deutlicher und zu einer anderen unbestimmter in dem gleichen Geschöpfe zu erkennen geben. Rückwärtsbewegung.

§. 2022. Hat man die rechte Hälfte der Vierhügel (*hi*, Fig. 405.) abgetragen, so drehen sich die Säugethiere und die Vögel nach der verletzten Seite. Das rechte Auge starrt dann nach hinten und das linke nach vorn. Kreisbewegungen.

§. 2023. Die Trennung des einen Großhirnschenkels oder des hintersten Theiles des einen Sehhügels führen nach Schiff zu Kreisbewegungen, deren Richtung der Verletzungsseite entgegengesetzt ist, die übrigen Abschnitte des Sehhügels dagegen zu Drehungen, die nach der Eingriffsseite hinsehen. Es erklärt sich hieraus, weshalb ein Schnitt, der in der inneren Hälfte einer Großhirnhemisphäre (*abc*, Fig. 405.) der

Länge nach dahin geht, Wendungen nach der gegenüberliegenden Seite erzeugt. Trennt man dagegen den Balken (*ff*, Fig. 405.) und das Gewölbe (*l*, Fig. 405.) in der Mittellinie von vorn nach hinten zu durch, so fehlen diese Nachwirkungen. Hat man hierauf die obere Hälfte der einen Großhirnhemisphäre entfernt, so können sie in mäßigerem oder stärkerem Grade zum Vorschein kommen.

Vorwärtsbewegung. §. 2024. Manche Forscher glaubten bemerkt zu haben, daß Thiere, deren Streifenhügel an beiden Seiten ausgerottet worden, unaufhaltsam vorwärts schießen. Man stellte sich daher vor, daß sich zweierlei Triebkräfte, von denen die eine nach vorn und die zweite nach hinten stößt, in dem wechselseitigen Gleichgewichte, in dem unversehrten Gehirn erhalten müssen. Jene gehe mit der Entfernung des kleinen Gehirns und diese mit der Ausrottung der Streifenhügel verloren. Das verstümmelte Geschöpf bewege sich daher in dem ersten Falle unwillkührlich rückwärts, während es in dem letzteren nach vorn getrieben würde. Wir haben §. 2021 gesehen, daß die Rückwärtsbewegung die Verletzungen des kleinen Gehirns nicht immer begleitet. Das jedenfalls bei Weitem lebhaftere Vorschießen, welches man nach der Ausrottung der Streifenhügel beobachtet hat, kommt auch häufig genug nach anderen Verletzungen wie z. B. nach der Durchschneidung der Sehnerven vor. Es kann auch, wenn die darunter liegenden Sehnerven geschont werden, nach der Abtragung der Streifenhügel gänzlich ausbleiben.

Dauer der Zwangsbewegungen. §. 2025. Die Neigung zu Zwangsbewegungen hält oft Tage lang an. Eine krankhafte Vergrößerung der Empfänglichkeit kommt dabei häufig genug zum Vorschein. Ein mäßiger Reiz, der das ruhende Thier wenig oder gar nicht erregt, führt nicht selten zu einem anhaltenden Sturm der lebhaftesten Drehbewegungen, die z. B. das Kaninchen in das Heu, auf dem es liegt, tief eingraben, oder umgekehrt zu einem hohen Fasse weit hinausschleudern. Bleiben aber Hunde, denen solche Verletzungen zugefügt worden, länger am Leben, so ereignet es sich, daß die Zwangserscheinungen allmählig schwächer werden und Alles zuletzt zu den regelrechten Verhältnissen zurückzukehren sucht.

Seltenheit der Drehbewegungen im Menschen. §. 2026. Oertliche Entartungen der Hirnmasse erzeugen anhaltende Drehbewegungen im Menschen weit seltener als in den Säugethieren, den Vögeln und den Fröschen. Wir haben schon §. 2001 gesehen, daß die Zerstörungen des Bezirkes der Seh- oder der Streifenhügel, welche die Schlagflüsse häufig begleiten, nur Lähmungen der oberen und der unteren Gliedmaaßen und bisweilen auch der Gesichtsmuskeln und des äußeren Augenmuskels (§. 1452.) der entgegengesetzten Seite zurücklassen. Drehbewegungen kommen hierbei gar nicht vor. Die Lähmung selbst erstreckt sich überdies keineswegs auf alle Verkürzungsgebilde der einen Seitenhälfte. Der größte Theil der Athemmuskeln (§. 747.) pflegt seine früheren Beziehungen zu dem centralen Nervensysteme beizubehalten. Man hat in seltenen Fällen beobachtet, daß sich z. B. ein Mensch, dessen einer Kleinhirnschenkel zerstört war, nach äußeren oder inneren

Anregungen im Kreise zu wiederholten Malen herumwendete. Eiterhöhlen, die einen großen Theil der einen Halbkugel des kleinen Gehirns zerstört haben, bieten diese Erscheinungen in der Regel nicht dar. Es können dafür wiederum Lähmungserscheinungen vorzugsweise hervortreten Die Drehungen der Thiere dürften vor Allem daraus hervorgehen, daß Schwächezustände, einseitige Verzerrungen und ein regelwidriges Wechselspiel der mannigfachen Muskelgebilde wesentlich eingreifen.

§. 2027. Anhaltende Drehungen erzeugen in uns jene subjective Empfindungstäuschung, die wir mit dem Namen des Schwindels bezeichnen. Die Richtung der Bewegung und die dabei eingenommene Kopfstellung bestimmen die Bahnen, welche die äußeren Gegenstände während der Nachwirkung zu durchlaufen scheinen, in bedeutendem Grade. Manche früheren Forscher suchten diese Sinnestäuschungen mit den kreisartigen Zwangsbewegungen der Thiere zusammenzustellen. Die Vermuthung, daß hier nur die eine Hälfte des Gehirns besonders erregt werde, konnte aber bis jetzt nicht bewiesen werden. Die nachfolgende Gesichtstäuschung und das spätere Umfallen sprechen eher gegen, als für diese Auffassung. Keine Thatsache deutet endlich darauf hin, daß Thiere, die Zwangsbewegungen darbieten, gleichzeitig nothwendiger Weise an Schwindel leiden. Schwindelbewegung.

§. 2028. Obgleich das Gehirn und das Rückenmark ein fortlaufendes Ganze bilden, so enthalten sie doch eine große Reihe verschiedener Gewebgruppen, von denen jede auf eine mehr oder minder bestimmte und eigenthümliche Rolle angewiesen ist. Alles vereinigt sich aber hier, um die Mechanik dieses wichtigsten Werkzeuges der thierischen Organisation dem Forscherauge zu verhüllen. Wir haben schon §. 1927 die unüberwindlichen anatomischen Schwierigkeiten kennen gelernt. Die einzelnen Hirntheile, welche die Zergliederungskunde mit besonderen Namen belegt, entsprechen keineswegs den physiologisch wichtigen Gewebegruppen, sondern nur äußerlich kenntlichen Bezirken, die Verbundenes nicht selten trennen oder Verschiedenes zu einer Masse zusammenschmelzen. Die anatomischen Benennungen können daher höchstens die topographische Bezeichnung erleichtern, nicht aber die wahren Werkzeuge des centralen Nervensystems genügend andeuten. Alle physiologischen Versuche fußen von vorn herein auf unsicherem Boden, weil die nöthigen, allein entscheidenden mikroskopischen Vorkenntnisse fehlen (§. 1927.). Da man nie bestimmen kann, wie weit eine örtliche Entartung, die wir in der Leiche eines Menschen finden, auf das Uebrige zurückgewirkt hat, so liefern hier die zahlreichen Sectionsergebnisse der Aerzte kein Material, das die Physiologie mit Sicherheit zu verarbeiten im Stande wäre. Die Thierversuche aber, auf die man deshalb fast ausschließlich angewiesen ist, bieten den Nachtheil dar, daß man mit etwas Anderem und Unvollkommenerem, als dem centralen Nervensysteme des Menschen arbeitet und die Empfindungen der thierischen Wesen natürlich nur ungenügend erkannt werden können. Organe des Gehirns und des Rückenmarks.

Organe des Rückenmarkes.

§. 2029. Ein Reiz, der einzelne der größeren peripherischen Nervenstämme trifft, kann zwar ganze Gruppen entsprechender Muskelmassen zur Verkürzung zwingen und manche Gesammtbewegung der Gliedstücke auf diese Weise zum Vorschein bringen. Die Reflexerscheinungen (§. 1937.) deuten aber schon nachdrücklich an, daß das harmonische Wechselspiel der Beuger und der Strecker, der An- und der Abzieher und die gegenseitigen Beziehungen des Muskelspieles, welche manche Stellungen möglich machen, die Hilfe der grauen Massen des Rückenmarkes nöthig haben. Diese enthält eine Mechanik, in der gewisse berechnete Tastenreihen unter dem Einflusse des Willens, des Instinctes oder der einfallenden centripetalen Erregungen angeschlagen werden. Die einzelnen Stücke spielen dabei gesondert, oder in mehr oder minder zweckmäßigen Accorden. Mehrere Forscher haben früher angenommen, daß die Centralwerkzeuge der Beuger der Gliedmaaßen vorzugsweise in der vorderen, die der Strecker dagegen vor Allem in der hinteren Hälfte des Rückenmarkes oder umgekehrt enthalten sind. Die späteren Erfahrungen haben diese Vermuthung vorläufig nicht unterstützt.

Vorderer und hinterer Theil des Rückenmarkes.

§. 2030. Einzelne Thatsachen, die man an dem Rückenmarke des Frosches leicht erhärten kann, führen zu dem Schlusse, daß die dem Kopfe näher liegenden Abschnitte einen anderen Einfluß, als die weiter hinten befindlichen Gebilde auf dieselben Gliedmaaßen ausüben können. Schneidet man hier das Rückenmark an dem ersten, dem zweiten, dem dritten Wirbel u. s. f. der Quere nach allmählig durch, so sieht man, daß die Hinterbeine um so stärker nach vorn hin vorgebogen zu werden pflegen, je weniger sich die Verletzungsstelle selbst von dem Gehirne entfernt hat. Geht man dann von dem fünften Wirbel an nach rückwärts, so erhält man Streckungen der Hinterfüße statt der früheren Drehung derselben im Hüftgelenke. Die Stärke der Extension sinkt aber wiederum, je weiter man in dem Rückenmarke nach hinten kommt.

§. 2031. Man könnte hieraus auf den ersten Blick folgern, daß die Centralwerkzeuge der Beuger in dem wagerecht gedachten Rückenmarke weiter nach vorn und die der Strecker mehr nach hinten zu liegen. Da aber nicht bloß die Schläge des Magnetelektromotors, sondern auch einfache mechanische Reize, welche den vordersten Abschnitt des Rückenmarkes treffen, lebhafte Streckbewegungen zu erregen im Stande sind, so bleibt die Richtigkeit jener Annahme jedenfalls zweifelhaft. Man müßte nach ihr für die zuletzt genannten Fälle voraussetzen, daß sich die kräftige Erregung weiter nach hinten fortpflanzt und die Streckung deshalb zu Stande kommt, weil die den Eintrittsstellen der Nerven näher gelegenen Centralwerkzeuge den Reizungen leichter oder kräftiger gehorchen (§. 1947.).

§. 2032. Hat man einen Frosch in der Gegend des ersten Wirbels enthauptet und die Gliedmaaßen gestreckt, so pflegt sich der kopflose Körper nach einiger Zeit von selbst zurecht zu setzen. Die Hinterbeine biegen sich dabei in dem Hüft-, dem Knie- und dem Fußgelenke. Ist hin-

gegen das Rückenmark in der Gegend des fünften bis sechsten Wirbels vollständig getrennt worden, so behalten sie ihre gestreckte Lage für immer bei.

Wichtigkeit des verlängerten Markes.

§. 2033. Die durchgreifende Wirkung, welche das verlängerte Mark auf den Herzschlag (§. 2005.) und die Athembewegungen (§. 2034.) ausübt, verleiht ihm einen Einfluß auf die Fortdauer der Lebenserscheinungen, wie keinem anderen Abschnitte der centralen Nervengebilde. Man kann das große, das kleine Gehirn und das Rückenmark eines Thieres entfernen, ohne daß es augenblicklich zu Grunde geht. Die Zerstörung des verlängerten Markes dagegen hebt das Lebensspiel eines Säugethieres oder eines Vogels in wenigen Minuten auf.

Leiter der Athmungsmechanik.

§. 2034. Derjenige Bezirk des verlängerten Markes, aus dem die Wurzeln der herumschweifenden Nerven hervorgehen (*q*, Fig. 374, S. 542.), und ein beschränkter hinterer Nachbartheil desselben enthalten die Centralorgane des Athmungsspieles. Die Quertheilung des Rückenmarkes entzieht diesem eine um so größere Menge von Muskelmassen, je näher die Verletzung dem verlängerten Marke selbst liegt. Hat man aber auch das Rückenmark möglichst weit nach vorn vollständig getrennt, so können noch die Gesichtsmuskeln die ihnen möglichen Athembewegungen unterhalten. Die Verletzung der Brücke, in welche die Antlitznerven (§. 1735.) eintreten, hebt umgekehrt das Athmungsspiel der Gesichts=, nicht aber das der Rumpfmuskeln auf. Die Zerstörung der oben erwähnten Gegend des verlängerten Markes macht jede Art von Athembewegung sogleich unmöglich.

Uebrige Thätigkeiten des verlängerten Markes.

§. 2035. Nur ein Theil der Gewebe, die jenen Bezirk des verlängerten Markes zusammensetzen, bildet das Centralwerkzeug der Athmungsmechanik. Die übrige Masse beherrscht das Herz, die Schlingwerkzeuge, die Baucheingeweide und viele Muskeln des Rumpfes und der Gliedmaaßen, von denen sich manche in den Athembewegungen nie betheiligen. Diese Einrichtung erleichtert es vermuthlich, daß sich die Menge der thätigen Athemmuskeln um so mehr vergrößert, je angestrengter der Mensch athmet oder je mehr die Erstickungsgefahr durchgreift (§. 749.).

Späteres Absterben der Centraltheile der Athembewegungen.

§. 2036. Man kann sich in frisch getödteten Säugethieren oft überzeugen, daß die Centralwerkzeuge der Athmungsmechanik ihre Erregbarkeit länger als die meisten übrigen Nachbartheile des verlängerten Markes zurückbehalten. Reizt man dieses mechanisch oder chemisch, so erhält man häufig noch eine tiefe Athembewegung, wenn keine Spur von Krämpfen in den Muskeln der Gliedmaaßen und keine Schluckbewegungen mehr zum Vorschein kommen.

Halbseitige und vollständige Theilung des verlängerten Markes.

§. 2037. Schneidet man jenen Abschnitt des centralen Nervensystems der Quere nach vollständig durch, so verfällt das Thier in die heftigsten Wechselzückungen und geht hierauf binnen Kurzem zu Grunde. Eine halbseitige Quertheilung zieht diese Folge nicht nothwendiger Weise nach sich. Man hat daher auch ältere Blutergüsse in der einen Seitenhälfte des verlängerten Markes menschlicher Leichname nicht selten vor=

gefunden. Eine ausgedehntere Verletzung oder ein allseitiger Druck dagegen kann auch einen Menschen in wenigen Minuten dahinraffen.

Längstheilung des verlängerten Markes.

§. 2038. Hat man die Gesammtmasse des centralen Nervensystems eines Frosches der Länge nach vollständig gespalten, so spielen dessenungeachtet die Athemmuskeln an beiden Seiten des Körpers gleichzeitig fort. Der das verlängerte Mark durchsetzende Längenschnitt trennt also nicht die seitlich symmetrische Verkürzungsgebilde, die der Athmung dienen, in zwei Gruppen von Werkzeugen, die selbstständig oder unharmonisch arbeiten können. Die gleiche Erscheinung kehrt auch an enthirnten Säugethieren, deren verlängertes Mark von vorn nach hinten eingeschnitten worden, deutlich wieder.

Einfluß auf das Herz.

§. 2039. Wir haben §. 704 bemerkt, daß die künstliche Athmung das Herz eines frisch getödteten Säugethieres unter günstigen Nebenbedingungen von Neuem belebt. Setzt man das verlängerte Mark eines enthirnten lebenden Kaninchens den kräftigen Schlägen des Magnetelektromotors aus, so hören nicht bloß die Herzschläge, sondern auch die Athembewegungen auf. Das Herz befindet sich aber dabei in Diastole oder in seinem Erschlaffungszustande, während sich die Athemmuskeln wenigstens im Anfange lebhaft zusammenziehen. Schwächere Reize der Art dagegen können die Zahl der Athemzüge von vorn herein vergrößern. Da die elektrische Erregung des verlängerten Markes das noch klopfende Herz eines frisch getödteten Thieres häufig genug zum Stillstande bringt, ohne daß die Athmungsmechanik oder Krämpfe in den Muskeln der Gliedmaaßen zum Vorschein kommen, so folgt, daß das Herz seine eigenen Centralgebilde, die selbst noch später als die der Athemmuskeln absterben können (§. 2036.), besitzen muß. Die Frösche lehren auch noch auf einem anderen Wege, daß die Einflüsse, die das verlängerte Mark auf das Herz ausübt, nicht etwa nur von dem Athmen, wie in der künstlichen Respiration, sondern von anderen unmittelbareren Beziehungen abhängen. Der Herzschlag dauert nämlich hier nach der Ausrottung der Lungen oder der Trennung der beiden herumschweifenden Nerven länger, als nach der Zerstörung des verlängerten Markes fort. Die Aetherisation kann das Athmungsspiel für lange aufheben, ohne daß indeß das Herz zur Ruhe kommt (§. 1978.).

Centralwerkzeug der Stimmbildung.

§. 2040. Es wurde schon §. 1758 bemerkt, daß die Zerstörung der beiden Beinerven der Säugethiere die Stimmbildung, nicht aber die Athmung beeinträchtigt. Dieses führt zur Vermuthung, daß die Centralorgane der Tonerzeugung oder diejenigen Nervengebilde, welche die geregelte Zungenthätigkeit (§. 1408.) der Kehlkopfmuskeln möglich machen, mit denen der Athmungsmechanik nicht zusammenfallen. Der eigenthümliche Ursprung des Beinerven, die Thatsache, daß seine Wurzeln bis tief unten aus dem Halsmarke hervorgehen, hängt wahrscheinlich hiermit innig zusammen.

Einfluß auf das Auge.

§. 2041. Magendie giebt an, daß eine heftige Augenentzündung nach Verletzung des Grenzbezirkes des verlängerten Markes und

des Rückenmarkes, die in der Gegend der obersten Halswirbel der Haussäugethiere eingeleitet worden, nach und nach zum Vorschein kommt. Man darf deshalb vermuthen, daß hier diejenigen Nervenfasern, welche durch den obersten Halsknoten des Sympathicus nach dem Kopfe emporsteigen (§. 1786.), vorzugsweise ergriffen sein werden.

§. 2042. Die regelmäßige Reihenfolge der Schlingbewegungen (§. 381.) hängt von dem verlängerten Marke wesentlich ab. Sie kann deshalb in einem Thiere, das einige Minuten früher getödtet worden, durch künstliche Reize nicht mehr erzeugt werden (§. 2006.). Sie kehrt dagegen noch in enthirnten Geschöpfen vollkommen wieder. Die vollständige Quertheilung der Mitte des Halstheiles des Rückenmarkes hebt sie ebenfalls nicht auf. Abhängigkeit der Schlingbewegungen.

§. 2043. Es ergiebt sich schon aus dem früher Dargestellten, daß das verlängerte Mark den größten Theil der rothen Körpermuskeln und der einfachen Verkürzungsgebilde der Brust und der Unterleibseingeweide mittelbar oder unmittelbar beherrschen kann. Rechnet man die Brücke hinzu, so bildet dieser gesammte Abschnitt des centralen Nervensystems den Knotenpunkt, in welchen die Beziehungen aller Rückenmarks- und des bei Weitem größten Theiles der Gehirnnerven wechselseitig zusammenlaufen. Knotenpunkt der meisten Nerven.

§. 2044. Manche Forscher glaubten annehmen zu müssen, daß die bewußte Auffassung der Schmerzenseindrücke schon in dem verlängerten Marke zu Stande kommen könne. Hat man nämlich das große und das kleine Gehirn eines Säugethieres entfernt, so schreit dessenungeachtet das verstümmelte Geschöpf nach Hautverletzungen auf das Lebhafteste. Auffallend kräftige Gegenbewegungen folgen meistentheils nach. Diese Thatsache zeugt jedoch nicht nothwendiger Weise für die oben erwähnte Voraussetzung. Wir haben §. 1953 gesehen, daß die Entfernung des Gehirns das Erscheinen der von dem Rückenmarke ausgehenden Reflexbewegungen wesentlich begünstigt. Dasselbe wiederholt sich überdies noch für das verlängerte Mark, nachdem das große und das kleine Gehirn abgetragen worden. Die Nachbarschaft der centralen Fasern der Haut oder der mit ihnen physiologisch verbundenen Centralgewebe und der nervösen Mittelpunkte der Tonerzeugung wird das reflectorische Ausstoßen von Schmerzenslauten wesentlich erleichtern (§. 2040.). Wie die scheinbare Zweckmäßigkeit der Reflexbewegungen der Gliedmaaßen eines enthaupteten Frosches die Anwesenheit eines bewußten Willens nicht beweist (§. 1955.), so läßt sich das Aufschrecken eines enthirnten Thieres nach einem Pistolenschusse, das Kratzen der Nasenlöcher nach der Einathmung der chemisch reizenden Ammoniakdämpfe aus der gegebenen Mechanik der Centralgebilde unmittelbar herleiten. Verhältniß zu den Schmerzensempfindungen.

§. 2045. Die Vierhügel (*hi*, Fig. 405, S. 602.) wirken am Auffallendsten auf die Augen zurück. Die rechte Hälfte derselben beherrscht zunächst das Sehloch (*c*, Fig. 171, S. 288.) des linken Auges, und umgekehrt. Die quere Mittheilung der Erregung kann es jedoch möglich machen, Vierhügel.

daß die Pupillen beider Augen die Reizung der einen Seitenhälfte der Vierhügelgebilde auf der Stelle anzeigen. Die Abtragung dieser Theile soll Blindheit nach sich ziehen. Die Regenbogenhäute können aber dessenungeachtet ihre Beweglichkeit beibehalten.

Kleines Gehirn. §. 2046. Ein Säugethier, dessen kleines Gehirn entfernt worden, hat die Fähigkeit, gewisse Gesammtbewegungen vorzunehmen, mehr oder minder eingebüßt. Es steht unsicherer als sonst und macht im Liegen eine Reihe der unzweckmäßigsten Anstrengungen, um sich aufzurichten und einem Hindernisse oder einem Schlage auszuweichen. Vögel, welche auf dieselbe Art verstümmelt worden, mühen sich mit ungewöhnlichen und zum Theil zweckwidrigen Flatterbewegungen ab. Die meisten einzelnen Körpermuskeln können aber immer noch willkührlich beherrscht werden. Da nur die geordnete Wechselverbindung verloren gegangen ist, so haben viele Forscher angenommen, daß das kleine Gehirn das Coordinationswerkzeug der verwickelteren Körperbewegungen bildet. So leicht dieses möglich wäre, so frägt es sich doch, ob nicht jene unpassenden Muskelthätigkeiten und die sie begleitenden unzweckmäßigen Anstrengungen nur deshalb, weil gewisse örtliche Grundbedingungen des Gehens oder des Fliegens, wie z. B. die gehörige Befestigung und Einstellung der Wirbelsäule, unmöglich geworden, zum Vorschein kommen.

§. 2047. Die Phrenologen und einzelne Naturforscher haben einen besonderen Einfluß auf die Geschlechtswerkzeuge dem kleinen Gehirn zugeschrieben. Die stärkere Entwickelung dieses Abschnittes des centralen Nervensystems sollte auch einen regeren Geschlechtstrieb zur Folge haben. Die Erfahrung bestättigt aber diesen Ausspruch keineswegs. Man kann zwar den Samenleiter, die Eiröhren und die Gebärmutter der Haussäugethiere von dem kleinen Gehirn aus zur Verkürzung zwingen. Andere centrale Nervenmassen leisten aber auch das Gleiche in dieser Beziehung (§. 2008.). Verschnittene besitzen ein ebenso umfangreiches kleines Gehirn, als unverstümmelte Geschöpfe. Hatte Flourens diesen Theil des centralen Nervensystems in einem Hahne abgetragen, so machte das Thier dessenungeachtet deutliche Begattungsversuche.

§. 2048. Die Entartungen des kleinen Gehirns des Menschen führen nicht nothwendig zu Blödsinn oder zu anderen Störungen der Geisteskräfte. Unsicherheit des Ganges, Geneigtheit zu Drehbewegungen (§. 2026.) oder halbseitige, meist entgegengesetzte (§. 2001.) Lähmungen sind bisweilen schon nach örtlichen Zerstörungen der einen Kleinhirnhemisphäre beobachtet worden. Alle auffallenderen Thätigkeitsstörungen der willkührlichen Verkürzungsgebilde können aber auch nach beschränkten Entartungen des kleinen Gehirns ausbleiben.

Mitteltheile des großen Gehirns. §. 2049. Hat man einen Längenschnitt durch die Mitte des Balkens (*ff*, Fig. 405, S. 602.) und des Gewölbes (*l*, Fig. 405.) eines Kaninchens herabgeführt, so bemerkt man weder Drehbewegungen (§. 2023.), noch Stumpfsinn, so lange keine Nebenerscheinungen verändernd eingreifen. Das Thier pflegt reizbarer und böswilliger zu werden. Sein

Herz klopft auffallend rasch. Es leidet später an Diarrhö und erbricht sich sogar in einzelnen Fällen. Eine größere Menge von Gasen dehnt einzelne Abschnitte des Darmes so sehr aus, daß der Unterleib sichtlich aufgetrieben wird. Das Kaninchen knirscht hin und wieder mit den Zähnen, bekommt bisweilen späterhin Krämpfe und stirbt endlich nach vorangegangener Lähmung und Betäubung und zwar oft während eines heftigen Convulsionsanfalles.

§. 2050. Man kann sich in frisch getödteten Säugethieren überzeugen, daß der Streifen- und der Sehhügel der einen Großhirnhemisphäre die Muskeln der Gliedmaaßen und die mannigfachsten Brust- und Baucheingeweide (§. 2005.) beherrscht. Die Behauptung einzelner Forscher, daß die vorderen Abschnitte des großen Gehirns oder die Streifenhügel vorzugsweise auf die Hinterbeine, und die hinteren oder die Sehhügel auf die Vorderbeine wirken, hat sich bis jetzt nicht bestättigt. Der eine Streifenhügel kann die Extremitäten der beiden Seiten, wenigstens in frisch getödteten Säugethieren (§. 2001.) in Bewegung setzen. Die Zerstörung des Streifenhügels führt nicht nothwendiger Weise zu durchgreifenden Lähmungserscheinungen. Hat man dagegen den Sehhügel ebenfalls entfernt, so fällt das Thier nach der entgegengesetzten Seite um. Hilft man ihm aber wiederum auf, so kann es eine Strecke weit gehörig fortgehen. Streifen- und Sehhügel.

Wie die Trennung der Mittelgebilde des Gehirns die Absonderungsverhältnisse des Darmes sichtlich stört (§. 2049.), so kehrt auch etwas Aehnliches nach der Verletzung der Sehhügel oder der Großhirnschenkel der Kaninchen wieder. Die in reichlicherem Maaße entleerten Kothmassen gewinnen eine schleimigtere Beschaffenheit und enthalten oft beigemischte Blutmassen. Das Kollern im Unterleibe verräth die reichlichere Gasentwickelung des Darmcanales, der Appetit schwindet. Der sonst alkalische Harn (§. 972.) wird später sauer und enthält bisweilen nach Schiff Spuren von Eiweiß. Die saure Beschaffenheit des Urines bildet dann nach diesem Forscher ein sicheres Zeichen des herannahenden Lebensendes.

Eine deutliche Rückwirkung der Gehirnstörungen auf die Zustände der Baucheingeweide verräth sich auch bisweilen in dem menschlichen Körper. Erbrechen, Durchfälle, Gallenergüsse und Leberkrankheiten begleiten nicht selten einzelne durchgreifendere Gehirnverletzungen.

§. 2051. Die Erregung des Ammonshornes führt bisweilen zur Zusammenziehung der Gesichtsmuskeln eines frisch getödteten Kaninchens. Deutliche Kreuzungseinflüsse (§. 2001.) pflegen sich in diesem Falle geltend zu machen. Ammonshorn.

§. 2052. Ein Querschnitt, der die eine Halbkugel des großen Gehirnes der Vögel getroffen hat, läßt nach Flourens dauerndere Nachtheile, als ein Längenschnitt zurück. Die Geisteskräfte können aber in beiden Fällen binnen Kurzem oder nach längerer Erholungszeit wiederkehren, Quer- und Längenschnitte der Großhirnhemisphären.

sobald nur eine Halbkugel verletzt oder beide ungleichartig durchschnitten worden.

Unthätigkeit einer Großhirnhemisphäre.

§. 2053. Hat man die eine Großhirnhemisphäre in einem Hunde ausgeschnitten, so bilden die Lähmung des Sehnerven und die Schwäche der Muskeln der entgegengesetzten Seite, leichtes Aufschrecken und Drehbewegungen, die sich jedoch später wieder verlieren können, die auffallendsten Folgeerscheinungen. Die geistigen Kräfte werden hierbei nicht merklich gestört. Sie gehen auch nicht in Menschen, in welchen eine Halbkugel größtentheils entartet ist, nothwendiger Weise zu Grunde.

Abtragung beider Hemisphären.

§. 2054. Trägt man beide Hemisphären eines Säugethieres schichtweise ab, so sinken die Geistesthätigkeiten um so tiefer, je mehr der Massenverlust durchgegriffen hat. Vollkommene Bewußtlosigkeit pflegt sich, so wie man bis zu den Hirnhöhlen vorgedrungen ist, einzufinden.

Ausrottung des großen Gehirns.

§. 2055. Ein Hund oder ein Kaninchen, dessen großes Gehirn gänzlich entfernt worden, liegt meistentheils wie ein in tiefen Schlaf verfallenes Geschöpf da. Alles, was seinen Körper nicht unmittelbar berührt, scheint unbemerkt vorüber zu gehen. Jede geistige Verarbeitung irgend einer Empfindung ist völlig unmöglich geworden. Das blinde Geschöpf schrickt noch nach einem heftigen Knalle auf. Es schreit und wehrt sich zum Theil nach schmerzhaften Hautreizen. Alle diese Erscheinungen beruhen aber nur auf Reflexthätigkeiten, wie sie schon §. 2044 angeführt worden. Das verstümmelte Wesen nimmt von selbst keine Nahrung zu sich. Schiebt man aber die Speisen bis zu dem Anfange des Schlundes vor, so werden sie verschluckt und regelrecht verdaut. Man kann enthirnte Vögel länger als ein Jahr durch künstliche Fütterung am Leben erhalten. Aeußere Reize oder innere Erregungen, die wahrscheinlicher Weise von den Eingeweiden ausgehen, führen bisweilen einzelne Ortsveränderungen herbei. Diese fallen aber leicht ungeregelter und eigenthümlicher als gewöhnlich aus. Die Blindheit und der Mangel der Geistesthätigkeiten bedingen es nicht selten, daß sich das Thier ungeschickter benimmt und an Hindernisse, die es sonst vermeiden würde, anstößt. Alle Bewegungen hören aber binnen Kurzem wiederum auf, um der früheren Schlafsucht für Stunden lange Zeiträume Platz zu machen.

Ausschwitzungen im Gehirn.

§. 2056. Beschränktere Entartungen oder Zerstörungen, die sich in beiden Großhirnhemisphären des Menschen ausbreiten, führen ebenfalls häufig zu Geistesschwäche, Blödsinn oder Schlafsucht. Die sichtliche Krankheitsursache kann dabei in den vorderen, den mittleren oder den hinteren Abschnitten des großen Gehirns liegen, ohne daß sich ein wesentlicher Unterschied in jenen allgemeinen Folgen zu erkennen giebt.

§. 2057. Reichliche Mengen tropfbar flüssiger Ausschwitzungen, die in den Höhlen des großen Gehirns abgesetzt worden, oder eine krankhafte Vermehrung der Cerebrospinalflüssigkeit erzeugen Verstandesschwäche, Betäubung, Sopor oder andere Unordnungen in den geistigen Fähig-

keiten. Man findet daher diese Abweichungen in den Gehirnen der Cretins, der Wahnsinnigen, in denen von Menschen, die an Hirnentzündung, an Nervenfiebern oder an ähnlichen Leiden zu Grunde gegangen sind. Es konnte bis jetzt nicht bewiesen werden, daß die regelwidrigen Erscheinungen, die sich im Leben verrathen, von den vorangehenden Nebenbedingungen, welche die erhöhte Ausschwitzung möglich machen (§. 1990.), und dem Drucke, den sie erzeugen, ausschließlich herrühren. Feinere Störungen der Molecularverhältnisse der Nervengewebe, die vielleicht dem sinnlichen Auge immer entgehen werden, greifen hierbei wahrscheinlich wesentlich ein.

§. 2058. Man nimmt gewöhnlich an, daß das Gehirn einen größeren Bruchtheil des Körpergewichtes im Menschen, als in irgend einem anderen Wirbelthiere beträgt. Der Werth des Erwachsenen ist ungefähr $1/_{30}$ bis $1/_{40}$, der des zarten Kindes dagegen $1/_{5}$ bis $1/_{9}$. Manche kleine Säugethiere und Vögel können aber günstigere Verhältnißzahlen, als der ausgebildete Mensch darbieten. Größe des Menschengehirns.

§. 2059. Es unterliegt keinem Zweifel, daß eine regelwidrige Kleinheit des Hirnes mit Blödsinn verbunden ist. Man darf mit vieler Wahrscheinlichkeit vermuthen, daß wahrhaft ausgezeichnete Köpfe ein Gehirn, das im Ganzen oder in einzelnen Bezirken umfangreicher ausfällt, besitzen werden. Der sichere Nachweis des Ueberschusses stößt aber auf weit größere Schwierigkeiten, als der des Gegentheiles. Die Krankheitsverhältnisse, die dem Tode vorangehen, können eine täuschende Gewichtsvergrößerung (§. 2057.) herbeiführen. Man darf auch annehmen, daß nicht bloß die Quantität, sondern auch die Qualität und die gegenseitigen Verhältnisse des Umfanges und der Wechselwirkungen Vieles auf diesem Gebiete entscheiden werden. Die hohe Stirn, die man häufig als ein äußeres Merkmal der Geisteskraft betrachtet, pflegt zwar allerdings von einer stärkeren Entwickelung der Vorderlappen des großen Gehirns und der sie beschützenden Schädeltheile herzurühren. Dieses berechtigt jedoch nicht zu dem Schlusse, daß nur jene Abschnitte der Hirnmasse den höheren geistigen Fähigkeiten oder manchen Ausdrücken derselben, wie z. B. der Redefertigkeit, vorstehen. Die vergleichende und die pathologische Anatomie deuten übereinstimmend an, daß die Mittel- und vorzüglich die Hinterlappen und manche Wülste, wie die Vogelklaue und die seitliche Erhabenheit, die in dem Hinterhorn der Seitenkammern jeder Großhirnhalbkugel liegen, mindestens eben so wichtig, als die vorderen Abschnitte der Hirnmasse sind.

§. 2060. Man hat häufig behauptet, daß die Windungen der Großhirnhemisphären (*abc*, Fig. 405, S. 602.) an beiden Seiten zahlreicher und vorzüglich unsymmetrischer in geistreicheren Menschen ausfallen. Dieser Satz ist an und für sich keineswegs unzweifelhaft nachgewiesen. Die Erfahrung lehrt überdies, daß andere innere Entartungen die Vorzüge, welche die Anordnung der Windungen möglicher Weise verräth, gänzlich vernichten können. Das Gehirn eines Cretins liefert Windungen des großen Gehirns.

nicht selten die scheinbar günstigsten Windungsformen, während die Hirnhöhlen von reichlichen flüssigen Ausschwitzungen ausgedehnt werden.

Wechsel der Thätigkeitsträger des centralen Nervensystems.

§. 2061. Die mikroskopische Beschaffenheit der Gehirnsubstanz wechselt in dem Laufe der Entwickelung in wesentlicher Weise. Ein feiner Schnitt der der Oberfläche nahe gelegenen Masse der Großhirnhemisphäre eines Neugeborenen zeigt eine feinkörnige Grundsubstanz und zellenartige Kerne (Taf. V. Fig. LXXVII.), wie man sie in der rein grauen Substanz des Erwachsenen antrifft. Vergleicht man hiermit einen ähnlich gelegenen Abschnitt, der dem Gehirn eines vollkommen entwickelten Menschen entnommen ist, so zeigt er außerdem noch zahlreiche, entschieden markige Primitivfasern. Wir stoßen hier auf eine Eigenthümlichkeit, die in dem Embryo noch schärfer wiederkehrt. Dieser bietet willkührliche und Reflexbewegungen zu einer Zeit dar, in welcher ein entschieden weißer und öligter Markinhalt der peripherischen Nervenfasern noch nicht bemerkt wird und das centrale Nervensystem nur eine Grundmasse und Zellenelemente, die an rein graue Substanzen erinnern, einschließt. Die allgemeinen Wirkungen, auf denen jene Thätigkeiten beruhen, hängen daher nicht von den eigenthümlichen Formen, welche die Nervengewebe des Erwachsenen besitzen, ausschließlich ab.

Seitliche Symmetrie.

§. 2062. Die seitliche Wiederholung der meisten Körperorgane und der sie beherrschenden Nerven erklärt zum Theil die paarige Verdoppelung vieler Centralgebilde des Nervensystemes. Da aber die gleiche Erscheinung an anderen Stücken, die mit peripherischen Werkzeugen nicht unmittelbar zusammenhängen, wiederkehrt, so müssen sich noch andere Gründe für diese Einrichtungsweise geltend machen. Man hat sich häufig vorgestellt, daß die Commissuren oder die Mittelstücke überhaupt die Bestimmung haben, die beiden seitlichen Ergänzungswerkzeuge zu einer Einheitswirkung zu verketten. Erinnern wir uns aber, daß die Trennung der Mitteltheile des großen Gehirns (§. 2049.), oder die Entfernung der einen Großhirnhemisphäre (§. 2053.) die Geistesthätigkeiten nicht aufhebt und die mittlere Längstheilung des ganzen centralen Nervensystemes des Frosches die gleichzeitige und übereinstimmende Wirkung der Athemmuskeln nicht stört (§. 2038.), so ergiebt sich, daß jene Vorstellung keine allgemeine Gültigkeit besitzt oder überhaupt unrichtig ist.

§. 2063. Die Gesichtswerkzeuge deuten noch am Ehesten darauf hin, daß manche Thätigkeiten von der paarigen Anordnung der entsprechenden Hirngebilde abhängen. Wenn zwei Ergänzungsfarben, die wir auf übereinstimmende Netzhautstellen beider Augen (§. 1553.) im Stereoskope fallen lassen, den Eindruck des Weiß hervorbringen (§. 1564.), so kann man sich vorstellen, daß sich die Veränderungen, denen jedes der beiden Hirnorgane der zwei Sehnerven unterworfen wird, zu einer entsprechenden Mittelempfindung in dem Gehirne selbst ergänzen. Wenn die regelrechte und zum Theil entgegengesetzte Wendung des Blickes (§. 1445.) nach Verletzungen, welche die eine Hälfte der Vierhügel (§. 2045.) oder des kleinen Gehirns (§. 2019.) treffen, verloren geht,

so liegt die Vermuthung nah, daß hier die Continuitätsverbindung der seitlich paarigen Stücke die berechnete zusammengesetzte Wirkung allein bedingen kann.

§. 2064. Wir haben uns schon früher das centrale Nervensystem unter dem Bilde eines zweckmäßig geordneten und wechselseitig in passender Weise verbundenen Tastenwerkes vorgestellt. Man hat dabei eine bestimmte Topographie der mannigfachen Repräsentanten der einzelnen Körperorgane und der den reinen Hirnthätigkeiten dienenden Gewebmassen. Die scheinbare Zweckmäßigkeit der Reflexbewegungen (§. 1955.) und die wahre der Instinctthätigkeiten erklären sich aus dieser Anschauungsweise. Manche Empfindungserscheinungen unterstützen aber ebenfalls die eben erwähnte Grundvorstellung. Topographie des centralen Nervensystems.

§. 2065. Obgleich jeder Sinneseindruck an und für sich nur die Anregung liefert, während die letzte Uebersetzung im Gehirne zu Stande kommt (§. 1905.), so verlegen wir ihn doch immer nach außen, entweder in das peripherische Sinneswerkzeug, wie z. B. auf die Zunge oder in die Haut oder weiter nach außen, z. B. in eine gewisse Entfernung von der Netzhaut oder dem Sehnerven. Es muß daher eine Einrichtung vorhanden sein, welche uns unsere eigene Gehirnthätigkeit zu vernachlässigen und die peripherische Uebertragung als unmittelbaren Eindruck aufzufassen nöthigt. Peripherische Deutung der Eindrücke.

§. 2066. Diese excentrische Deutung macht sich bisweilen unter krankhaften Verhältnissen nachdrücklich geltend. Die sogenannten Integritätsgefühle der Amputirten liefern in dieser Hinsicht die auffallendsten Beispiele. Ein Mensch, dessen Oberschenkel vor Jahren abgesetzt worden, fühlt oft in der Ruhe die Zehen oder den Fuß mit größtem Nachdrucke. Hat man den Stumpf mit einem Bande umschnürt, so kommt es dem Verstümmelten vor, als wenn zuerst jene Endstücke und dann der Unterschenkel, den er längst verloren hat, einschliefen. Kein Sinnenzeugniß und keine Gegenrede des Bewußtseins vermögen diese und ähnliche Täuschungen zu beseitigen. Sie kehren auch in Leuten, die beide Beine verloren haben, wieder, zum Beweise, daß nicht die Vorstellungen, die das eine Glied erregt, auf das zweite fehlende übertragen werden. Die Empfindungen verrathen sich übrigens in allen diesen Fällen in den Händen und den Füßen bei Weitem kräftiger als in den Mittel- oder den Rumpfgliedern. Integritätsgefühle der Amputirten.

§. 2067. Drücken wir den Ulnarnerven in der Gegend des Ellenbogens anhaltend zusammen, so stoßen wir auf verwandte Verhältnisse. Es schlafen zuerst der kleine Finger, der Ringfinger und zum Theil der Mittelfinger ein, während später der Schmerz längs des Verlaufes des Nervenstammes dahin zu eilen scheint. Ein fortgesetzter Druck, der den Kniekehlnerven trifft, führt zu dem Gefühle des Prickelns in den Zehen und der Fußsohle. Wenn der Kindskopf das Hüftgeflecht der Gebärenden zusammenpreßt, so geht der hierbei erzeugte Schmerzenseindruck in dem Beine peripherisch dahin. Viele unangenehme Empfindungen im Excentrische Wirkung.

Magen, den Eingeweiden oder in anderen peripherischen Körpertheilen rühren nur davon her, daß die Nervenstämme mitten in ihrem Verlaufe leiden oder die Centraltheile selbst angegriffen werden.

Verhältniß der Physiologie zur Psychologie. §. 2068. Man sieht aus dem eben Dargestellten, daß die Physiologie so gut als gar keine sicheren Anhaltspunkte der Psychologie liefern kann. Ein Hauptgrund dieses Uebelstandes liegt allerdings in dem mangelhaften Zustande der Physiologie des centralen Nervensystemes, die sich vielleicht nie auf eine irgend genügende Stufe des Wissens wird emporschwingen können (§. 1927.). Eine zweite Ursache ist aber in der Art, wie wir die Geistesthätigkeiten auffassen, gegeben. Wir beschreiben gewisse äußere Erscheinungen als Folgen des Verstandes, der Urtheilskraft und der Vernunft, ohne zu bedenken, daß das, was hier als Einheit zum Grunde gelegt wird, die Resultante einer Reihe von Kettengliedern, zu deren Erkenntniß noch jeder Zugang fehlt, darstellt. Wir haben §. 1708 gesehen, daß die Auffassung des einfachsten Sinneseindruckes und die Erregung der leichtesten Muskelbewegungen auf Uebersetzungs- und Fortleitungserscheinungen verschiedener materieller Veränderungen, die sich gegenseitig bedingen und wie die Räder eines Uhrwerkes in einander greifen, beruhen. Man darf mit Recht vermuthen, daß die scheinbar unmittelbarste Geistesthätigkeit ebenfalls aus einer Reihe von gegenseitigen Spannungen und Uebertragungen hervorgeht, und ein Fehler des Durchschlages zu einem Irrthume, zu einer falschen Ableitung überführt. Die allgemeine Andeutung der Vorgänge läßt sich nach den Aehnlichkeiten, welche die einfacheren Beziehungen darbieten, leicht geben. Die allein genügende Durchführung der Einzelnheiten, diese wahre Selbsterkenntniß wird dagegen vermuthlich dem menschlichen Forschungsgeiste für immer unmöglich bleiben.

Phrenologie. §. 2069. Es ergiebt sich hieraus von selbst, wie weit die phrenologischen Systeme von der Wahrheit entfernt liegen. Keine der Grundlagen, von denen diese Lehren ausgehen, bewährt sich bei näherer Betrachtung. Die Außenseite des Schädels liefert keinen genauen Abdruck der Oberfläche des Gehirns. Viele Zwischenglieder, wie die Stirnhöhlen, die Dicke, die Formen und die Oberflächen des Schädels greifen hier verändernd ein. Die Außenseiten des Gehirns selbst können aber ebenfalls wiederum keinen Aufschluß über die Geisteskräfte verschaffen (§. 2059.). Rechnet man nun noch hinzu, daß die topographische Vertheilung vieler phrenologischer Organe auf mißverstandenen Thatsachen der vergleichenden Anatomie oder unlogischen psychologischen Eintheilungen beruht, und die äußeren Nebenverhältnisse den Fatalismus der organischen Anlage wesentlich ändern können, so wird man es erklärlich finden, weshalb die Physiologen die Phrenologie um so nachdrücklicher verwerfen mußten, je heftiger einzelne begeisterte Laien diese Auffassungsweise zu vertheidigen suchten.

Cranioskopie. §. 2070. Große Mengen genauer Raum- und Gewichtsbestimmungen des Schädels und des Gehirns wären vielleicht im Stande, stati-

stische Mittelzahlen, die einen gewissen Werth für die allgemeine Psychologie hätten, darzubieten. Diese cranioskopischen Bemühungen stehen im Ganzen auf einem sichereren Boden, als die phrenologischen Vorstellungen. Es erhellt aber aus dem Früheren, daß es auch auf diesem Wege nicht möglich sein wird, die Geisteskräfte eines Einzelnen nach jenen grob materiellen Verhältnissen mit Sicherheit festzustellen.

§. 2071. Die gewissen Nervengebilden nothwendige Erholung führt zu den Erscheinungen der periodischen Ruhe, die wir unter dem Namen des regelrechten Schlafes zusammenfassen. Die Zeit, während welcher diese stärkende Unthätigkeit anhalten muß, nimmt im Laufe des Lebens sichtlich ab. Der Säugling schläft mehr als er wacht. Der Erwachsene reicht mit ungefähr $1/3$ und noch weniger genügend aus. Schlaf.

§. 2072. Man stellt sich in der Regel vor, daß das ganze centrale Nervensystem oder wenigstens die Gesammtmasse des Gehirns in dem Schlafe ausruht. Eine nähere Betrachtung der Verhältnisse führt aber zu dem Schlusse, daß dieses nicht der Fall ist. Es frägt sich sogar sehr, ob irgend ein Theil des centralen Nervensystems zu völliger Unthätigkeit im Schlafe verurtheilt wird, ob nicht das Ganze nur darauf beruht, daß gewisse Wechselwirkungen, die im Wachen durchgreifen, in dem schlafenden Geschöpfe aufgehoben werden.

§. 2073. Alle dem Stoffwandel dienenden Thätigkeiten, der Herzschlag und der Kreislauf, die Athembewegungen und der Gaswechsel, die mechanischen und die chemischen Erscheinungen, welche die Verdauung, die Einsaugung, die Absonderung und die Ernährung begleiten, dauern im Schlafe ungehindert fort. Es arbeiten daher gewisse Gewebmassen des verlängerten Markes und wahrscheinlich auch des Rückenmarkes in ähnlicher Art, wie im Wachen, maschinenartig weiter. Aeußere Erregungen können Reflexerscheinungen nach sich ziehen, ohne daß der Mensch nothwendiger Weise vollständig oder überhaupt nur erwacht. Die Traumbilder lehren anderseits, daß das Gehirn eine eigenthümliche Thätigkeitsrichtung ebenfalls verfolgt. Es faßt einzelne Sinneseindrücke auf, deutet sie aber oft anders, als im wachen Zustande. Die hierdurch erregten Vorstellungen bilden den Ausgangspunkt der sonderbarsten Phantasiespiele, welche die Fortdauer des Traumes weiter auszuspinnen oder mit neuen ungebundenen Gedankenreihen zu vertauschen pflegt. Dieses Alles deutet darauf hin, daß die Mechanik des centralen Nervensystems in dem Schlafe anders, als im Wachen eingestellt ist. Dieser Umstand bedingt es dann zunächst, daß die Sinneseindrücke unbemerkter vorübergehen, viele Körpermuskeln erschlaffen und andere die für die Ruhe günstigsten Stellungen möglich machen. Die eigenthümlichen Veränderungen des Athmens, die das Schnarchen bedingen, bilden nur unwesentlichere und daher auch unbeständigere Nebenfolgen der gleichen Grundbedingung.

§. 2074. Einzelne Forscher haben die Zustände eines enthirnten (§. 2055.) und eines schlafenden Geschöpfes vollkommen gleichgestellt.

Diese Auffassung bewährt sich aber nicht bei genauerer Prüfung. Das enthirnte Thier besitzt keine Traumvorstellungen. Es zeigt eine gewisse besondere Empfänglichkeit, eine nicht ganz gewöhnliche Erregungsfähigkeit für Reflexerscheinungen (§. 1953.), wie sie der Schlafende nicht darbietet. Es fehlt ihm dasjenige gänzlich, was nur eine andere Thätigkeitsrichtung im Schlafe verfolgt.

Traum. §. 2075. Die subjectiven Gesichtserscheinungen, die phantastischen Gesichtsvorstellungen, die sich zur Zeit des Einschlafens in vielen Menschen geltend machen, bilden den unmittelbaren Vorläufer der Traumerscheinungen. Die Frage, ob diese nur kurz nach dem Beginn und vor dem Ende des Schlafes oder während der ganzen Dauer desselben auftreten, kann für jetzt nicht entschieden werden. Die Angabe, daß einzelne Menschen nie geträumt hätten, fußt keineswegs auf völlig zweifellosen Erfahrungsgrundlagen.

Nachtwandeln. §. 2076. Der Schlafende vollführt manche Willkührbewegungen instinctartig. Es ereignet sich bisweilen, daß ermüdete Soldaten im Marsche einschlafen und nichts desto weniger im Takte weiter gehen. Diese Thatsache deutet schon klar darauf hin, daß die Isolation des Bewußtseins von den Eindrücken der Außenwelt, nicht aber die Ruhe der Bewegungswerkzeuge das Hauptmerkmal des Schlafes bildet. Der räthselhafte Zustand des Nachtwandelns oder des Somnambulismus kann das Gleiche lehren. Er und manche andere krankhafte Verhältnisse können deutlich belegen, daß sich das Tastenwerkzeug der verwickeltsten Bewegungsverbindungen abzuspielen vermag, ohne daß das Gehirn seine gewöhnlichen Beziehungen zur Außenwelt wieder gewinnt. Wenn eine Kataleptische die ihr künstlich aufgezwungene und anstrengende Stellung ihres Armes bis zum Erwachen beibehält, so ergiebt sich, daß die anhaltende Spannung der entsprechenden Nervengebilde den Willenseinfluß nicht immer nöthig hat.

Ursache des Schlafes. §. 2077. Man weiß bis jetzt noch nicht, welche materielle Veränderung in dem centralen Nervensysteme zur Schlafenszeit durchgreift. Es ist häufig vermuthet worden, daß die Hirnmasse mehr dunkelrothes Blut, als im Wachen enthält. Sollte sich aber auch diese Annahme wahrhaft bestättigen, so frägt es sich doch immer noch, ob jene Erscheinung als die Ursache des Schlafes oder nur als eine Folge der vorangegangenen Massenveränderung der Nervengebilde (§. 1990.) betrachtet werden müßte.

Thierischer Magnetismus. §. 2078. Der sogenannte magnetische Schlaf und der thierische Magnetismus überhaupt gehören zu den zweideutigsten Erscheinungen, welche die ärztliche Literatur dem denkenden Naturforscher darbietet. Man kann zugeben, daß Menschen, die an Nervenkrankheiten leiden, hin und wieder für einzelne Eindrücke, die der Gesunde nicht bemerkt, empfänglicher sind und Glaube, Vorurtheil, Vertrauen und Phantasie ungewöhnliche Erfolge in solchen Fällen nachzuziehen vermögen. Manche Nervenleiden, wie z. B. die schon erwähnte Katalepsie (§. 2076.), füh-

ren zu verschiedenen räthselhaften Erscheinungen, welche die Physiologie noch lange nicht wird erklären können. Wenn solche Personen ein Glied in der ihm künstlich angewiesenen Stellung, die jeden Wachenden bald ermüden würden, während der ganzen Erstarrungszeit erhalten, wenn sie in einer Rede, in der sie der Anfall unterbrach, nach dem Aufhören desselben sogleich fortfahren (§. 1976.), so haben wir hier eine Beharrlichkeit der Mechanik des centralen Nervensystems, deren Ursachen völlig verborgen bleiben. Die meisten wunderbaren Erscheinungen dagegen, die man als Folgen des thierischen Magnetismus zu beschreiben pflegt, beruhen auf bewußten oder unbewußten Täuschungen. Dieses ganze Gebiet liefert überhaupt ein Seitenstück zu dem Felde der Phrenologie (§. 2069.), das gerade diejenigen, welche es mit der Begründung der Naturgesetze am Ernstesten meinten, am Wenigsten anzubauen sich berufen fühlten.

Zeugung und Entwickelung.

---

§. 2079. Zeugungsarten. Da sich die strenge Naturforschung auf das, was die Erfahrung mit Sicherheit ermitteln kann, beschränken muß, so darf sie sich mit der Frage, wie die ersten organischen Wesen des Erdballes entstanden sind, nicht beschäftigen. Die Versteinerungen, die wir in den verschiedenen Gebirgsarten antreffen, liefern uns eine Reihe von Anhaltspunkten, nach denen wir auf den Wechsel, nicht aber die erste Erzeugungsweise der einzelnen Schöpfungen zurückzuschließen berechtigt sind. Wir wissen hiernach, daß Thierarten, die heute nicht mehr angetroffen werden, die Vorwelt belebten und nicht selten heißere Klimate oder Meeresgrund da, wo wir mäßigere Zonen oder ausgedehnte Länderstrecken jetzt vorfinden, vor Jahrtausenden vorhanden waren. Die Petrefactenkunde und die Geologie deuten übereinstimmend an, daß die organischen Wesen von keinem beschränkten Bezirke des Erdballes, von keinem ausschließlichen Schöpfungsmittelpunkte ausgegangen sind, sondern daß eine Reihe verschiedenartiger örtlicher Bedingungen die Grundlage der mannigfachen geographischen Verbreitung der Pflanzen und der Thiere geliefert hat. Die Art und Weise, wie dieses geschah, die Ursache, weshalb die erste Organisation möglich oder vielleicht nothwendig geworden, läßt sich nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen nicht angeben. Frühere Schöpfungen.

§. 2080. Das Gesetz, daß das Leben eines jeden organischen Wesens an eine gewisse Zeitdauer gebunden ist, hat die Fortpflanzungser- Fortpflanzung.

scheinungen nöthig gemacht. Fehlten diese, so hätte die Natur der Entvölkerung des Erdballes nur durch unausgesetzte neue Schöpfungen entgehen können. Die Zeugung enthob sie dieser Foderung, die sich wahrscheinlich gegenwärtig, wie wir sehen werden, nicht befriedigen ließe. Ein jedes organische Wesen beginnt mit einem unscheinbaren Keime, der immer neue Massen anzieht, sie zweckmäßig verarbeitet und eine gewisse Stufe der Vollkommenheit auf diesem Wege erreicht. Ist aber die Ausbildung der Pflanze oder des Thieres bis zu einem bestimmten Grade fortgeschritten, so gewinnt die Organisation die Fähigkeit, einen neuen Keim, welcher das gleiche Entwickelungsvermögen darbietet, in einem Abschnitte seiner Körpersubstanz herzustellen. Da dieses Folgegeschöpf aus den Bestandtheilen des erzeugenden Wesens unmittelbar hervorgeht, so hat man auch jene Fortpflanzungsweise mit dem Namen der mütterlichen oder der gleichartigen Zeugung belegt. Die Zeit, die bis zur Möglichkeit der neuen Keimbereitung verfließt, muß natürlicher Weise bedingen, daß der Erzeuger älter als der Erzeugte ist. Jener kann daher seinem vorgeschriebenen Lebensende verfallen, während dieser in üppiger Fülle fortwächst und weitere Glieder zur Schöpfungskette hinzufügt. Der Zeitunterschied, der zwischen der Entwickelung des früheren und der Entstehung des neuen Keimes liegt, macht es auf diese Weise möglich, daß nur die Individuen, nicht aber die Arten der organischen Wesen von dem Schauplatze abtreten.

Vermehrung der organischen Wesen.

§. 2081. Ungünstige Außenverhältnisse und die räuberische Nahrungsweise der thierischen Geschöpfe tödten viele organische Wesen, ehe sie die Entwickelungsstufe der Keimbereitung erreicht haben. Manche unglückliche Nebenbedingungen hemmen den Entwickelungsgang der Fortpflanzungsgebilde. Die Gefahr, die der Arterhaltung auf diesem Wege vielfach drohte, konnte nur dadurch beseitigt werden, daß ein Individuum eine größere Zahl von Keimen gleichzeitig hervorbringt, oder daß es seine Zeugungsthätigkeit im Laufe des Lebens mehrfach wiederholt. Die Menge der Einzelwesen, welche den Erdball bevölkern, vermochte zugleich hierbei nach und nach beträchtlich zuzunehmen.

Ein und zweigeschlechtige Zeugungsarten.

§. 2082. Die eingeschlechtige Zeugung beruht darauf, daß der Keim, den ein einziges Individuum liefert, seinen vollständigen Entwickelungsgang ohne Weiteres verfolgt. Die zweigeschlechtige dagegen fodert zwei verschiedene Persönlichkeiten. Die eine, das Weibchen, liefert den Keim, der hier meistentheils eine bestimmte Form, die des Eies, besitzt. Die zweite oder das Männchen dagegen bereitet eine eigenthümliche Ergänzungsflüssigkeit, die man mit dem Namen des Samens belegt.

Merkmale des Eies und des Samens.

§. 2083. Diese beiden Arten von Fortpflanzungsstoffen haben ihre bestimmten eigenthümlichen Merkmale, die unter gewissen Formveränderungen in allen Thieren wiederkehren. Das junge Ei, welches Fig. 411 beispielsweise aus dem Hechte und Fig. 412 aus dem Frosche darstellt, enthält seine Grundmasse, den Dotter *a*, der von einer eigenthümlichen

Hülle, der Dotterhaut *b*, umschlossen wird, einen bläschenartigen Kern, das Keimbläschen *b*, und einen (*d*, Fig. 411.) oder mehrere Kernkörperchen (*d*, Fig. 412.), den einfachen oder den mehrfachen Keimfleck. Die beweglichen Samenkörperchen oder die Samenthierchen (Taf. V. Fig. LXXVIII. a. b.), mit denen wir uns schon §. 1215 fgg. ausführlich beschäftigt haben, bilden das unerläßliche Kennzeichen der wirksamen männlichen Zeugungsflüssigkeit.

Fig. 411.

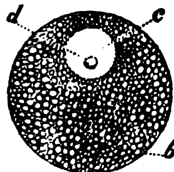
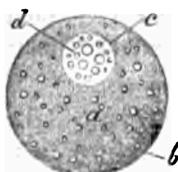


Fig. 412.



§. 2084. Das Ei kann sich nur bis zu einer gewissen beschränkten Stufe von selbst fortentwickeln. Soll es dagegen diese gegebene Ausbildungsgrenze überschreiten und das neue Wesen, den Embryo oder den Fötus, aus seinen Gewebtheilen erzeugen, so muß es vorher der Einwirkung des männlichen Samens unterworfen, d. h. befruchtet worden sein. Die doppelt geschlechtige Zeugung, auf die der Mensch und alle Wirbelthiere ausschließlich angewiesen sind, fodert daher zartere Vorbedingungen zur Herstellung ihrer feineren und verwickelteren Organisationsverhältnisse. *Nothwendigkeit der Befruchtung der thierischen Eier.*

§. 2085. Die eben genannten höheren Geschöpfe bieten getrennte Geschlechter dar. Manche Einzelwesen besitzen dann nur männliche Fortpflanzungswerkzeuge, die den Samen bereiten und ausführen, und andere weibliche, die das Ei erzeugen und bis zu einem gewissen Grade weiter entwickeln. Dieselbe Einrichtung kehrt auch in vielen wirbellosen Wesen wieder. Man findet dagegen in einzelnen jener tiefer stehenden Geschöpfe, daß ein und dasselbe Individuum männliche und weibliche Geschlechtstheile zugleich einschließt. Dieser Zwitterzustand oder der wahre Hermaphroditismus bildet gewissermaaßen den Ausdruck einer tieferen Organisationsstufe. Die Werkzeuge der höheren Thiere arbeiten so eigenthümlich und ausschließlich, daß sie nur die materiellen Substrate der einen der beiden geschlechtigen Gegensätze hervorbringen können, während die etwas stumpferen oder indifferenteren Hermaphroditen die zur Zeugung nöthigen doppelten Bedingungsglieder in verschiedenen Absonderungswerkzeugen herstellen können. *Hermaphroditismus.*

§. 2086. Die Eier des Menschen und der Säugethiere verlassen erst dann den Mutterleib, wenn der in ihnen erzeugte Fötus Kraft genug hat, unter den nöthigen Nebenbedingungen im Freien fortzuleben. Da aber die Einwirkung des Samens die Embryonalentwickelung bedingt, so folgt von selbst, daß hier eine innere Befruchtung vorangehen muß. Die übrigen lebendig gebärenden Wesen führen zu dem gleichen Schlusse. Die eierlegenden Geschöpfe können in dieser Hinsicht zweierlei verschiedene Verhältnisse darbieten. Die Vögel und die meisten beschuppten Reptilien legen Eier, die vorher innerlich befruchtet worden. Es bleibt deshalb nur *Eierlegende und lebendig gebärende Thiere.*

die Ausbildung des Embryo der äußeren Brütung und der Gunst der Nebenverhältnisse anheimgestellt. Die Frösche und die meisten Knochenfische dagegen entleeren ihre Eier, ehe sie mit dem Samen in Berührung gekommen sind. Eine äußere Befruchtung kann daher hier erst die außerhalb des Mutterkörpers Statt findende Embryonalentwickelung möglich machen.

Bruttaschen.

§. 2087. Die eben betrachteten verschiedenen Fortpflanzungsarten werden übrigens in verwandten Geschöpfen gleichzeitig angetroffen. Obgleich die Reptilien und die Fische zu den eierlegenden Thieren größtentheils gehören, so stoßen wir doch auch auf lebendig gebärende Salamander, Schleim- und Haifische. Aeußere Bruthöhlen, in welchen die Jungen in eigenen Taschen der Mutter ferner entwickelt werden, finden sich in den Nadelfischen eben so gut als in den Beutelthieren. Die Einzeleinrichtungen weichen aber in beiden Fällen wesentlich ab.

Eingeschlechtige Zeugung im Pflanzenreiche.

§. 2088. Die eingeschlechtige Zeugung macht sich zunächst im Pflanzenreiche in ausgedehntestem Maaße geltend. Die größere Gleichartigkeit der verschiedenen Gewebgruppen, die einfacheren Ernährungsbedingungen und die minder verwickelten Wachsthumserscheinungen lassen hier Keimgebilde, die früher oder später selbstständige Gewächse liefern, hervorsprossen oder losgetrennte Stücke der Mutterpflanze zu eigenen Pflanzen fortwachsen. Die Wurzelreiser, die Knollen, die Zwiebeln, die mannigfachen eigentlichen Knospen, die Blätter- und die Stengelabschnitte besitzen häufig die Kraft, neue Triebe, durch welche die Art erhalten und vermehrt wird, auszubilden. Das Oculiren und das Pfropfen beruhen auf der Entwickelungsfähigkeit der getrennten Blatt- und Achsenstücke. Die verhältnißmäßige Gleichgültigkeit gegen den Mutterboden bedingt es dabei, daß die Pflanze, welcher die fremden Theile eingeimpft werden, diesen nur in gewisser Beziehung verwandt zu sein braucht, damit die nachfolgende Verwachsung eine lebhaftere Fortbildung und eine edlere Saftbereitung möglich mache. Die geringere Einheit des Pflanzenkörpers erklärt es endlich, weshalb zufällig gesonderte Stücke vieler kryptogamischer Gewächse ohne Störung fortleben, zelligte Wucherungen von Blättern oder Stengeln zu vollständigen Knospen werden und ähnliche Keimgebilde aus Wundrändern hervorgehen können.

Zeugung vieler Kryptogamen.

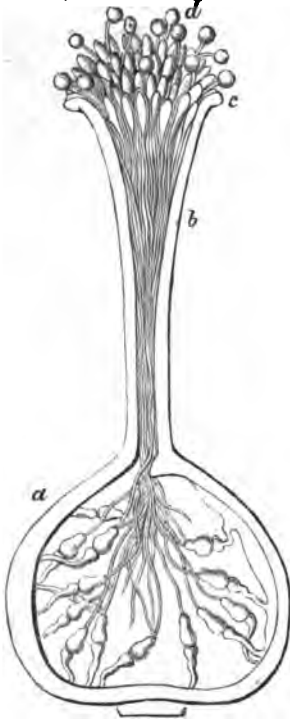
§. 2089. Wir haben schon §. 1222 gesehen, daß viele kryptogamische Gewächse bewegliche Elemente, deren Formen und Ortsveränderungen mit denen der thierischen Samenfäden mehr oder minder übereinstimmen, in eigenen Organen, den reifen Antheridien, einschließen. Andere Werkzeuge erzeugen ihrerseits Samenkörner oder Sporen, die jüngere Pflanzen der gleichen Art in der Folge liefern können. Dieser Gegensatz, den man in den Algen, den Laubmoosen, den Lebermoosen und den Farrenkräutern häufig antrifft, erinnert von selbst an die zweigeschlechtige Zeugung der thierischen Wesen. Die Mechanik aber, welche die Befruchtung herbeiführt, ist bis jetzt noch nicht ermittelt worden.

Andere Fortpflanzungsarten können in jenen Pflanzen eben so gut, als in den höheren Gewächsen nebenbei angetroffen werden.

Zeugung der Phanerogamen.

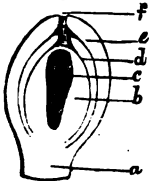
§. 2090. Die Phanerogamen haben einerseits Staubfäden, deren Beutel den Blumenstaub oder die Pollenkörner enthalten, und anderseits Stempel oder Pistille, welche in den Griffel und die Narbe auslaufen und die Eichen oder die äußere Grundlage der künftigen Samen in ihrer Pistillarhöhle einschließen. Die Pollenkörner *d*, Fig. 413, gelangen später von selbst oder durch Nebenmittel, welche die Stellungsveränderungen der Blüthe, die Winde oder die Insekten darbieten können, auf die Narbe *c*, an deren klebrigem Ueberzuge sie größtentheils haften bleiben. Er treibt zugleich aus ihnen früher oder später eigenthümliche Verlängerungen, die Pollenschläuche, hervor. Diese enthalten aber die wirksame schleimigte Mischung, die sogenannte Fovilla der Pollenkörner. Sie steigen allmählig großen Theiles durch den Griffelcanal *b*, wie es Fig. 413 zeigt, hinab, gelangen in das Innere der Pistillarhöhle und begeben sich zu den dort befindlichen Eimassen.

Fig. 413.



§. 2091. Man hat die Staubbeutel seit langer Zeit als die männlichen und die Eichen als die weiblichen Geschlechtswerkzeuge der phanerogamischen Gewächse zu deuten gesucht. Die Fovilla, welche dem männlichen Samen unter diesen Verhältnissen entsprechen müßte, enthält zwar häufig genug Körnchen, die Brown'sche Molecularbewegung zeigen. Sie besitzt aber keine anderen Elemente, welche die Eigenschaften der Spermatozoiden der Kryptogamen oder der thierischen Wesen darböten. Die Eichen haben eine äußere Hülle *e*, Fig. 414, und eine zweite innere Schutzmasse *d*, bisweilen aber auch eine größere oder geringere Zahl solcher Scheidengebilde. Ein Kern *b*, in dessen Substanz der sogenannte Embryonalsack *c* eingebettet ist, kommt in der Mitte des Ganzen vor. Während sich die Samenanlage an die Wand der Pistillarhöhle in *a*, Fig. 414, ansetzt, führt ein Canal *f*, welchen die entsprechenden Lückenräume der Hüllen, das Exostomium und das Endostomium, übrig lassen, nach dem Kern *b* hinüber. Der meist längliche Embryonalsack bildet zwar eine helle und

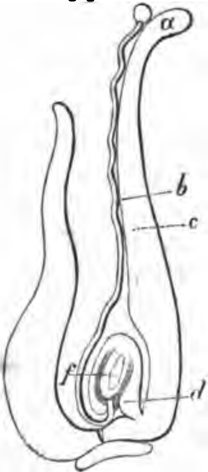
Fig. 414.



durchsichtige, mit einer eigenen Lösung gefüllte Blase. Man kann ihn jedoch nicht mit den Keimbläschen der Thiere (§. 2083.) mit Sicherheit vergleichen. Der Mangel von Keimflecken und die verschiedenartige spätere Entwickelung hindern hier jede befriedigende Parallele mit jenem Hauptbestandtheile des thierischen Eies.

§. 2092. Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Pollenschlauch *b*, Fig. 415, wenn er von der Narbe *a* durch den Griffelcanal *c* in die Pistillarhöhle vorgedrungen ist, durch das Exostomium und das Endostomium nach dem Nucleus fortschreitet. Schleiden giebt nach seinen Beobachtungen an, daß der Schlauch den Embryonalsack *f* in sich zurückstülpt. Sein unterstes Ende erzeugt dann in seinem Innern neue Zellen, die sich vermehren und den Embryo nach und nach aufbauen. Das Würzelchen ist dabei später nach oben und die Anlage der Kotyledonarknospe nach unten gerichtet. Der obere Abschnitt des Pollenschlauches geht indeß auf dem Wege der Verkümmerung gänzlich zu Grunde. Der wesentliche Theil, der bei dem späteren Keimen zur neuen Pflanze auswächst, würde hiernach aus dem Blüthenstaube hervorgehen. Er wäre nur in das Eichen, das eine passende Hüllen- und Ernährungsmasse liefert, eingebettet. Man hätte daher keine zweigeschlechtige Zeugung, sondern eine von dem Pollenschlauche ausgehende eigenthümliche Knospenbildung, welche die regelrechte Einpflanzung in die Brutmasse des Eies zu ihrem ferneren Wachsthume zu Hilfe zöge. Amici, Mohl und einzelne andere Forscher dagegen stellen es in Abrede, daß sich das untere Ende des Pollenschlauches in den Embryonalsack begiebt und dann in den Embryo selbst umwandelt. Dieser erzeugt sich vielmehr selbstständig, nachdem die befruchtende Fovillarmasse bis zur Umgebung des Embryonalsackes mit Hilfe des Pollenschlauches fortgeleitet worden. Sie könnte daher auf jene inneren Gebilde des Keimbehälters in ähnlicher Weise, wie der thierische Same auf die unbefruchteten Eier einwirken.

Fig. 415.



Eingeschlechtige Zeugung der Thiere.

§. 2093. Die wirbellosen Geschöpfe, in denen die zweigeschlechtige Zeugung wahrscheinlich bis zu den Polypen herunter allgemein vorkommt, liefern zugleich die mannigfachsten Beispiele eingeschlechtiger Fortpflanzungsweisen. Man stößt hier auf viele Verhältnisse, welche an die im Pflanzenreiche vorkommenden Vermehrungsarten lebhaft erinnern.

Fortpflanzung durch Theilung.

§. 2094. Manche thierische Wesen, deren gesammte Körpermasse vegetativ gleichförmiger ausfällt, können durch regelrechte, zufällige oder künstliche Theilungen vervielfältigt werden. Einzelne Bruchstücke von Infusorien, wie den Paramäcien, von Polypen, wie den Hydern, von Weißwürmern, wie den Planarien, ergänzen sich nicht selten zu vollständigen Thieren. Die Quertheilung, nicht aber die Längsspaltung

führt das Gleiche in manchen Ringelwürmern, wie den Naiden, herbei. Man hat hier gewissermaaßen die höchste Stufe des Wiedererzeugungsvermögens (§. 1062.). Sie kann die Arterhaltung in einzelnen niederen Wesen unterstützen helfen und zufällige Eingriffe in jedem Falle unschädlicher machen.

§. 2095. Manche Infusionsthierchen, wie die Glockenthiere oder die Vorticellen, Polypen, wie die Hydern und die Corallenthiere, einzelne Helminthen, z. B. die Blasenwürmer, treiben nicht selten Auswüchse, die entweder nur die Zahl der organisch verbundenen Geschöpfe vergrößern oder in der Folge abfallen und als vollkommen selbstständige Thiere fortleben. Obgleich man diese Sprossenkörper mit dem Namen der Knospen belegt, so darf man doch nicht übersehen, daß nur die allgemeine Erzeugungsweise, nicht aber der innere Bau dieser Wucherungen an die Verhältnisse der Pflanzenknospen erinnern kann. Fortpflanzung durch Knospenbildung.

§. 2096. Das befruchtete Ei eines Säugethieres oder eines Vogels geht der Erzeugung des ausgebildeten Wesens geraden Weges entgegen. Die Bestandtheile des neuen Geschöpfes erleiden zwar die mannigfachsten Veränderungen. Man hat aber immer gewisse bleibende Gesammteigenthümlichkeiten, die mit denen des erwachsenen Thieres mehr oder minder übereinstimmen. Die Frösche und die Salamander bieten schon größere Abweichungen dar. Es erzeugen sich hier zuerst Larven, denen die Extremitäten fehlen und deren Athmung von Kiemen, wie in den meisten übrigen Wasserthieren, unterhalten wird. Die Glieder sprossen später allmählig hervor. Lungen lösen die Kiemen nachträglich ab. Die Kaulquappen verlieren zuletzt ihren Ruderschwanz, um die Körperform des entwickelten Frosches vollständig anzunehmen. Wenn der Schmetterling die Vorbereitungsstufen der Raupe und der Puppe durchlaufen muß und die Cirrhipeden als krebsartige Geschöpfe im Meere frei herumgehen, ehe ihre bleibende Gestalt und der sie festbannende Anheftungsstiel zum Vorschein kommen, so haben wir hier bei Weitem durchgreifendere Wechselerscheinungen der Gesammtformen der Körpermasse. Larvenbildung.

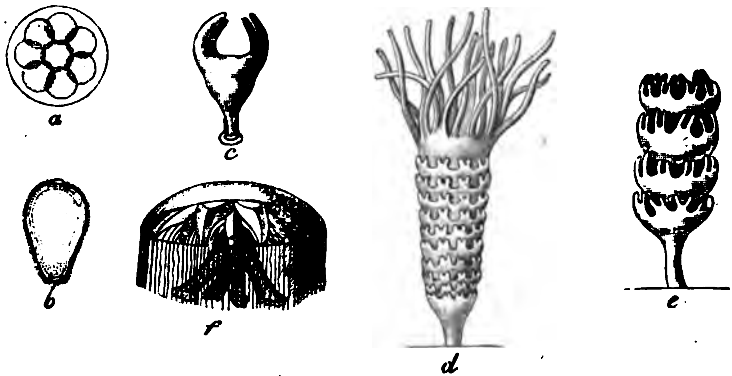
§. 2097. Die in vielen wirbellosen Geschöpfen vorkommende Ammenbildung, deren Verhältnisse Steenstrup zuerst genauer hervorgehoben hat, führt nicht nur häufig zu einer Reihe ähnlicher Veränderungen, sondern auch noch zu manchen ferneren eigenthümlichen Wirkungen. Sie beruht zunächst darauf, daß das neue Wesen seinen Ausbildungsgang nicht geraden Weges fortsetzt. Verwickeltere Metamorphosenstufen müssen vielmehr in vorgeschriebenen Folgeweisen eingreifen, damit die Formen und die Organisationsbedingungen des ausgewachsenen Thieres erzeugt werden. Es kommt hier wie in den einfacheren Larvenzuständen vor, daß einzelne Körpertheile in der Folge überflüssig werden und deshalb verloren gehen, während wesentliche neue Stücke erst in späterer Entwickelungszeit hervorsprossen. Die beiden merkwürdigsten Erscheinungen aber, denen man auf diesem Gebiete begegnen kann, bestehen darin, daß ein Keim nicht etwa nur ein einziges Individuum, Ammenbildung.

sondern eine Reihe von Thieren erzeugt und diese von keinen Eigebilden unmittelbar herstammen, wenn auch das ursprüngliche Wesen, aus dem sie hervorgehen, nur unter dem Einflusse einer zweigeschlechtigen Zeugung gebildet worden.

§. 2098. Wir haben §. 2085 gesehen, daß die zweigeschlechtige Fortpflanzung nichts weiter als den sichtlichen Ausdruck der feineren Entwickelungsbedingungen darstellt. Man kann die zahlreichen Umwege, welche die Ammenzeugung häufig verfolgen muß, unter einem ähnlichen Gesichtspunkte auffassen. Einige Beispiele werden uns die Richtigkeit dieser Ansicht näher erläutern.

Fortpflanzung der Quallen. §. 2099. Das Ei der Quallen oder der Medusen zeigt zuerst die eigenthümliche Furchung (*a*, Fig. 416.), die man auch in den übrigen

Fig. 416.



Thierklassen antrifft und auf die wir in der Betrachtung der Embryonalentwickelung zurückkommen werden. Es verwandelt sich hierauf nach den vielfach bestättigten Beobachtungen von Siebold und Sars in ein mit Flimmerhaaren (§. 1202.) versehenes infusorienartiges Geschöpf (*b*, Fig. 416.), das im Meere frei herumschwimmen kann. Dieses wächst alsdann an andere Körper mit seinem unteren Ende fest an, während das obere immer mehr Aeste hervorsprossen läßt (*c*, Fig. 416.). Das Ganze theilt sich endlich durch eine Reihe von Quereinschnitten, so daß eine entfernte Aehnlichkeit mit einem Satze aufgeschichteter Untertassen zum Vorschein kommt (*d*, Fig. 416.). Jeder Abschnitt treibt aber nun wiederum seine Fortsätze (*e*, Fig. 416.). Er trennt sich dann völlig los und entwickelt sich allmählig zu einer vollständigen Meduse (*f*, Fig. 416.). Wir sehen hieraus, daß ein einziger Keim eine Reihe von Individuen liefert und jedes von diesen zum Männchen oder Weibchen wird, um neue Keime, die dem gleichen Entwickelungsschicksale entgegengehen, auf dem Wege der zweigeschlechtigen Zeugung hervorzubringen. Diese und die Spaltung der jugendlichen Nachfolger wechseln daher in der Rolle, die Art zu erhalten und zu vermehren, gegenseitig ab.

§. 2100. Etwas Aehnliches wiederholt sich wahrscheinlich in den Salpen und in den Bandwürmern. Die jungen Bandwürmer z. B., welche aus anders gestaltenen Larven, z. B. den sogenannten Tetrarhynchis (Fig. 417.), hervorgehen können, ändern ihre Körperform und erzeugen ihre ersten Kettenglieder, *a*, Fig. 418. Sie wachsen dann in die Länge und vermehren ihre Gliedstücke auf dem Wege der Theilung oder Einschaltung. Jedes von diesen bekommt zuletzt Geschlechtswerkzeuge und Eier, die zur ferneren Fortpflanzung gebraucht werden. Die dunkelen Gebilde, *b*, Fig. 419, die man z. B. an den reifen Gliedern, *a*, des in der Schweiz, in Polen und in Rußland heimischen Grubenkopfes (Bothriocephalus latus) bemerkt, sind Eiröhren, in denen viele Tausende von Eiern auf das Dichteste zusammenliegen. Die Gliedstücke werden zu gewissen Jahreszeiten, z. B. im Sommer, vorzugsweise abgeworfen und gehen mit dem Kothe davon, damit sich die Eier im Freien weiter entwickeln können. Der Ueberrest des Kopfes, der in dem Nahrungscanale des Menschen zurückbleibt, kann wiederum neue Glieder, die später Geschlechtstheile und Eier bekommen, auf dem Wege der Verlängerung und der Einschnürung zum Vorschein bringen. Fortpflanzung der Salpen und der Bandwürmer.

Fig. 417.



Fig. 418.



Fig. 419.



§. 2101. Wie hier die vollendete oder die angedeutete Theilung als nothwendiges Zwischenglied auftritt, so bildet in manchen Polypen die Knospenerzeugung einen ähnlichen Umweg, der zuletzt zur geschlechtigen Fortpflanzung zurückführt. Die Campanularien treiben z. B. Auswüchse, die sich später loslösen, frei im Meere herumschwimmen und erst jetzt ihre Geschlechtsreife nach einiger Entwickelungszeit erreichen können. Knospen der Polypen als Zwischenglieder.

§. 2102. Eine noch eigenthümlichere Vermehrungsweise, die sogenannte Innenzeugung, kann bisweilen die Theilung oder die äußere Knospenbildung ersetzen helfen. Innere Zeugung.

Die auf zweigeschlechtigem Wege entstandenen Jungen einzelner Eingeweidewürmer aus der Abtheilung der Trematoden schwimmen zuerst mittelst ihres Flimmerepitheliums (§. 1202.) im Wasser frei herum und verwandeln sich später in ein eigenthümliches wurmartiges Wesen. Man findet nun in manchen Land- oder Wasserschnecken bewegliche Würmer oder lebende Keimschläuche, die wahrscheinlich aus ähnlichen Verwandlungen hervorgegangen sind. Fig. 420 (s. f. S.) zeigt z. B. einen solchen nach einer von Steenstrup gelieferten Abbildung. *abc* sind die Andeutungen des Nahrungscanales. Man bemerkt überdies, daß der Wurm oder die Amme eine Menge selbstständiger Thiere oder Cercarien

defg in seinem Innern einschließt. Diese entstehen aus eigenthümlichen Absatzmassen, ohne daß eine Befruchtung voranzugehen braucht. Sie entwickeln sich in der Mutter, die zu ihrer Bruthöhle dient und hierbei nach und nach zu Grunde geht. Sie werden später frei, werfen ihre Schwänze in der Folge ab, bohren sich in andere Geschöpfe ein oder gelangen vielleicht bisweilen ohne Weiteres in den Nahrungscanal derselben, verpuppen sich hier und verwandeln sich endlich in Trematoden, die ihre doppelten Geschlechtswerkzeuge fernerhin ausbilden. Die Weibchen der Aphiden oder der Blattläuse, welche lebendige Junge zur Welt bringen, sind wahrscheinlich ebenfalls nur Ammengeschöpfe, in denen die neuen Wesen aus Zellenanhäufungen hervorgehen.

Fig. 420.



Urzeugung.

§. 2103. Wir haben uns bis jetzt nur mit den verschiedenen Arten der mütterlichen Zeugung beschäftigt. Man kann sich aber auch vorstellen, daß einzelne lebende Wesen durch die unmittelbare Verbindung der letzten Elementarbestandtheile ihrer Masse (§. 269.) entstehen oder aus fremdartigen faulenden Substanzen ohne Weiteres hervorgehen können. Man hat diese Entstehungsweise die Urzeugung (Generatio aequivoca) oder die ungleichartige Fortpflanzung genannt. Sie würde deutlich beweisen, daß die ursprüngliche Schöpfung neuer Arten oder wenigstens neuer Einzelwesen noch gegenwärtig möglich sei.

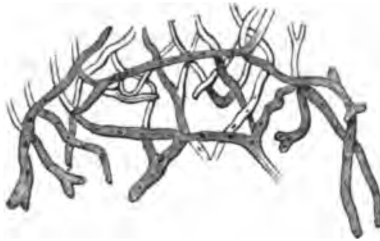
§. 2104. Die Hypothese der Urzeugung hatte ihre glücklichsten Perioden in den Zeiten der Kindheit der Wissenschaft. Man ließ dann nicht nur viele der niedersten Pflanzen und die mannigfachsten wirbellosen Geschöpfe, sondern auch einzelne Phanerogamen und manche Arten von Wirbelthieren aus faulenden organischen Körpern unmittelbar entstehen. Das genauere Studium der Fortpflanzungserscheinungen wies später unzweifelhaft nach, daß die gewöhnlichen mütterlichen Zeugungsweisen in allen höheren Wesen ausschließlich durchgreifen und sich in vielen niederen Geschöpfen, die außerdem noch durch Urzeugung gebildet würden, ebenfalls geltend machen. Die Vertheidiger der ungleichartigen Fortpflanzung mußten aber ihre Hypothese um so mehr einschränken, je weiter die Entwickelungsgeschichte im Laufe der Zeit fortgeschritten war. Die Schimmel, die Conferven und die Infusionsthierchen, welche in faulenden Mischungen massenweise aufzutreten pflegen, die Schmarotzer und die für wahre Thiere gehaltenen beweglichen Samenkörper bildeten zuletzt diejenigen Gruppen von Wesen, deren Urzeugung mit einem gewissen Scheine des Rechtes behauptet wurde.

Zeugung der Schimmel.

§. 2105. Eine genauere Prüfung muß zu der Ueberzeugung führen, daß auch diese letzte Stütze der mutterlosen Fortpflanzung nach und

nach zusammenbricht. Die Samen der Schimmel und der Algen, so wie die Keime der Infusionsthierchen sind so klein und leicht, daß sie von den schwächsten Luft- oder Wasserströmen weit fortgetragen werden. Wenige Schimmelfäden setzen nicht selten Tausende von Sporen an. Es können daher die größten Mengen von diesen, ohne daß die Arterhaltung gefährdet wird, verloren gehen. Finden nur einzelne zufälliger Weise einen geeigneten Mutterboden, so wuchern reichliche neue Schimmelmassen binnen Kurzem hervor. Die Erfahrung lehrt aber, daß viele dieser Wesen in schwach sauren Flüssigkeiten üppig gedeihen. Die saure Gährung (§. 324.), in welche die in Selbstzersetzung begriffenen organischen Massen so leicht verfallen, liefert daher einen günstigen Mutterboden für die Ausbildung der Sporenkörner, die sie zufälliger Weise erreicht haben. Die passende Beschaffenheit des Mutterbodens und der Ernährungskörper erklärt es, daß Schimmel in den Verdauungsresten gefunden werden (§. 496.) und die Borken mancher Hautausschläge die reichlichsten Mengen von Schimmelfäden unter dem Mikroskope zeigen. Fig. 421 kann z. B. diejenigen, welche in den Krusten des Kopfgrindes kleiner Kinder vorkommen; näher versinnlichen.

Fig. 421.



§. 2106. Die niederen Aufgußthierchen, die sogenannten polygastrischen Infusorien liefern ähnliche Erscheinungen. Die Keime oder die jungen Wesen besitzen hier einen so geringen Umfang, daß sie durch den unscheinbarsten Spalt leicht vordringen. Die schon §. 1224 dargestellten Eigenthümlichkeiten der Sarcode, welche die Grundlage ihrer Körpermasse bildet, können die Leichtigkeit ihrer Vermehrung nur begünstigen. Fortpflanzung der Infusorien.

§. 2107. Man kann sich auf dem Versuchswege überzeugen, daß jene lebenden Wesen von außen her in die Aufgüsse gelangen. Kocht man destillirtes Wasser anhaltend aus, versieht es, wenn es noch heiß ist, mit Bruchstücken einer Pflanze oder eines Thieres, das sich im Laufe der Zeit von selbst zersetzt, und verschließt das Ganze hermetisch, so daß gar kein freier Luftraum über der Flüssigkeit steht, so kann die Schimmel- und die Infusorienbildung gänzlich ausbleiben. Das Auskochen des Wassers tödtete die Keime der mikroskopischen Wesen, die etwa in ihm enthalten waren. Fehlten sie auch in der der Fäulniß Preis gegebenen organischen Masse, so erklärt sich der spätere Mangel lebender Geschöpfe ohne Weiteres. Läßt man eine gewisse Menge von Luft, die unmittelbar vorher durch eine Kalilösung geleitet worden, über der Aufgußflüssigkeit stehen, so bleiben häufig die Aufgußwesen ebenfalls aus. Die gewöhnliche Atmosphäre führt dagegen aus leicht begreiflichen Gründen zu Schimmel- und Infusorienbildungen. Einpflanzung von außen.

Ansteckung durch Schimmel

§. 2108. Das rasche Wachsthum und die bedeutende Vervielfältigung, welche jene mikroskopischen Organismen an passenden Aufenthaltsorten darzubieten pflegen, erklären manche Ansteckungserscheinungen, denen wir in dem Pflanzen= und dem Thierreiche häufig begegnen. Trägt man eine geringe Menge des Schimmels, der in Birnen oder in Aepfeln bisweilen nistet, in das Innere einer Stichwunde einer gesunden Frucht der Art über, so findet man oft diese nach einiger Zeit größtentheils verschimmelt. Eine der verheerendsten Krankheiten der Seidenwürmer, die sogenannte Muscardine, besteht darin, daß Schimmel in der Leibeshöhle des Insektes fortwuchern und das Thier früher oder später zu Grunde richten. Die künstliche Uebertragung kann einen gesunden Seidenwurm ebenfalls anstecken. Der gleiche Versuch gelingt auch bisweilen mit der Einimpfung der pflanzlichen Schmarotzer des Kopfgrindes oder anderer vegetabilischer Schmarotzer des menschlichen Körpers. Die Ansteckung läßt sich auf diese Art mit gröberen materiellen Hilfsmitteln willkührlich zum Vorschein bringen.

Zeugung der Räderthiere.

§. 2109. Die Räderthiere, die sich ihrem Baue nach an die Ringelwürmer anschließen, pflanzen sich durch Eier fort. Einzelne dieser Wesen liefern schon mehrere Generationsreihen im Laufe von wenigen Stunden. Es erklärt sich hieraus, weshalb man bisweilen eine beträchtliche Menge derselben in einer kleinen Wassermenge, die Tags vorher aus einem Teiche genommen worden, bemerkt, wenn auch vielleicht nur ein einziges Mutterindividuum ursprünglich vorhanden war.

Wiederaufleben der Räderthiere und der Tardigraden.

§. 2110. Manche Räderthierchen und einzelne andere Geschöpfe, wie die Tardigraden, von denen sich viele in dem Sande der Dachrinnen aufhalten, erfreuen sich noch eines eigenthümlichen Vortheiles, der den meisten übrigen Wesen nicht zu Statten kommt. Sie können nämlich völlig eintrocknen und später im Wasser von Neuem aufweichen, ohne daß ihre Lebensfähigkeit durch diesen tief greifenden Wechsel der Zustände verloren geht. Man kann sie daher Jahre lang ohne Feuchtigkeit aufbewahren. Ein Wassertropfen führt sie dann nach einiger Zeit zu ihrer ursprünglichen Munterkeit von Neuem zurück. Höhere Wärmegrade zerstören in der Regel die Lebensfähigkeit der einzelnen pflanzlichen und thierischen Gewebtheile. Eine eingetrocknete Tardigrade dagegen, welche die Temperatur des kochenden Wassers ohne Flüssigkeitszusatz ausgehalten hat, kann später nach Doyère wieder aufgeweicht fortleben. Kocht man sie dagegen unmittelbar mit Wasser, so stirbt sie gleich jedem anderen Geschöpfe ab. Dieser Unterschied erinnert an die Verhältnisse des flüssigen Eiweißes, das, in Wasser aufgelöst oder mit diesem vermischt, in der Hitze gerinnt, völlig eingetrocknet dagegen die höhere Temperatur besser vertragen und seine Löslichkeit beibehalten kann.

Fortpflanzung der Eingeweidewürmer.

§. 2111. Die äußeren Schmarotzer und vorzüglich die in den inneren Körpertheilen vorkommenden Eingeweidewürmer scheinen auf den ersten Blick die Annahme der Urzeugung am Ehesten zu stützen. Wenn Blasenwürmer (Cysticercus, Coenurus) im Zellgewebe oder im Gehirn,

Doppellöcher (Distoma) in der Leber, Pallisadenwürmer (Strongylus) in den Nieren und Haarwürmer (Trichina) in den Muskeln vorkommen, so könnte man am Einfachsten annehmen, daß sie hier aus den entmischten Körpersäften unmittelbar entstanden sind. Die Spuhlwürmer (Ascaris), die Madenwürmer (Oxyuris), die Peitschenwürmer (Trichocephalus) und die Bandwürmer (Bothryocephalus und Taenia), welche der Darm beherbergt, gestatten schon eher die Voraussetzung, daß sie von außen her, allein oder mit Nahrungsmitteln vermischt, eingedrungen sind. Da man aber früher fast allgemein glaubte, daß die Eingeweidewürmer immer nur innerhalb eines anderen organischen Wesens leben könnten, so wurde jene richtigere Annahme als die unwahrscheinlichere verworfen oder wenigstens stillschweigend bei Seite gesetzt.

§. 2112. Die neueren Beobachtungen haben auch hier der Hypothese der Urzeugung alle früheren Wahrscheinlichkeitsgründe mit Recht entzogen. Sie wiesen immer entschiedener nach, daß diese Geschöpfe auf dem Wege der doppelt geschlechtigen Zeugung entstehen, und nicht selten eine Reihe eigenthümlicher Larven- oder merkwürdiger Ammenzustände (§. 2099.) durchlaufen müssen, ehe sie ihre Endgestalten und mit ihnen ihre geschlechtige Fortpflanzungsfähigkeit erreichen können. Sie leben dabei häufig im Freien oder außerhalb eines organischen Einnistungsbodens. Die Eier oder die Jungen verlassen daher zu einer bestimmten Zeit den Thierkörper und suchen später zu ihm oder zu seines Gleichen zurückzukehren, so wie ihre Entwickelungsstufe die Einkehr in lebende Wesen von Neuem nothwendig macht. Eine Reihe periodischer Wechselerscheinungen, manche merkwürdige Umwege führen hierbei zu dem Endergebnisse, daß wir ein Geschöpf der Art in den verborgensten Organen eines anderen Thieres antreffen können. Einige Beispiele werden uns wiederum das eben Gesagte am Besten erläutern.

§. 2113. Die Zahl der Keime vermehrt sich im Allgemeinen mit der Größe der Gefahren, die der Entwickelung entgegenstehen (§. 2081.). Die Fische und die Frösche liefern daher z. B. beträchtliche Eiermassen, von denen wiederum später ein bedeutender Theil, ohne ihren Zweck erreicht zu haben, zu Grunde geht. Da die Brut der meisten Eingeweidewürmer den mannigfachsten Zufällen Preis gegeben ist, so kehrt die gleiche Vorsichtsmaaßregel in jenen Schmarotzerthieren in ausgedehntem Maaße ebenfalls wieder.

Fig. 422 (s. f. S.) zeigt z. B. die inneren Hauptorgane einer Filarie oder eines Fadenwurmes eines Seefisches, der Trigla. Der lange Eileiter *c* läuft schon hier längs des größten Theiles des Darmes *b* gewunden dahin. Der ähnlich gestaltete Eileiter der Spuhlwürmer macht noch weit zahlreichere Krümmungen und ist dabei später mit mikroskopischen Eiern strotzend gefüllt. Ein einziges Weibchen enthält daher mehrere Tausende von Keimgebilden. Jedes ältere Glied des Grubenkopfes (*a*, Fig. 419, S. 655.) besitzt einen weiblichen Geschlechtsapparat, in dem mindestens mehrere Hunderte, wahrscheinlich aber Tausende von Eiern

enthalten sind. Vereinigt man die verschiedenen Stücke, die von einem einzigen Bandwurme der Art von Zeit zu Zeit abgehen, so kann man nach

Fig. 422.



Eschricht 10000 Glieder zusammenzählen. Ein einzelnes Geschöpf vermag daher mehrere Millionen Eier nach und nach auszubilden.

§. 2114. Die Keime vieler Eingeweidewürmer entwickeln sich schon in dem Innern des Thieres, in dem sich das Muttergeschöpf aufhält. Manche Helminthen gehören sogar zu den lebendig gebärenden Wesen (§. 2086.). Die Eier oder die Jungen von anderen dagegen scheinen nur im Freien gedeihen zu können. Obgleich die ausgebildeten Spuhlwürmer, die Maden- und die Peitschenwürmer (§. 2111.) in dem Darme des Menschen häufig vorkommen, so hat man doch hier entwickelte Eier oder Larven nie entdecken können. Der Kopftheil der Bandwürmer erzeugt neue Glieder auf dem Wege der Verlängerung und der nachfolgenden Quertheilung (§. 2100.). Haben die einzelnen Gliedstücke eine gewisse Ausbildungsstufe erreicht, so bekommen die Geschlechtswerkzeuge, in denen sich Eier erzeugen und bis zu einem gewissen Grade fortentwickelt werden. Haben diese ihre Reife erlangt, so löst sich ein Abschnitt des Bandwurmes von selbst los und geht in dem Kothe davon. Dieser Austritt kopfloser Bandwurmstücke kann den Arzt leicht verführen, Wirkungen, die sich aus den den regelrechten Entwickelungsverhältnissen von selbst ergeben, den gebrauchten Arzneien zuzuschreiben. Der im Darme zurückgebliebene Kopf besitzt aber die Fähigkeit, sich durch die Erzeugung neuer Stücke abermals zu vervollständigen.

§. 2115. Die von Eschricht angestellten Untersuchungen lehren am Deutlichsten, daß hier eine gewisse Periodicität, die sich übrigens auch in dem Grubenkopfe des Menschen nicht selten verräth (§. 2100.), nachdrücklich geltend macht. Ein Fisch der Ostsee, der Ulk (Cottus scorpius), enthält einen Bandwurm (Bothryocephalus punctatus), dessen Kopftheil neue Glieder im Herbste und zu Anfang des Winters ansetzt. Die in ihnen

vorkommenden Eier erlangen ihre Reife im Laufe des Frühjahres. Die Gliedstücke, in denen sie eingebettet liegen (§. 2100.), werden alsdann losgetrennt und mit dem Kothe hinweggeführt. Der Sommer bildet daher den Zeitraum, in welchem der Fisch nur geschlechtslose Parasiten zu enthalten pflegt. Die in den Kothmassen ausgetretenen Eier werden wahrscheinlich dadurch frei, daß die sie umgebenden Gliedstücke auf dem Wege der Fäulniß nachträglich zu Grunde gehen. Sie entwickeln sich vermuthlich später zu Larven, die sich so lange ausbilden, bis sie wiederum ihren letzten Wohnsitz in einem Ulke einnehmen können.

§. 2116. Die Ernährungs- oder die Wachsthumsverhältnisse bewegen nicht selten die Eingeweidewürmer, ihre Aufenthaltsorte zu verändern. Der Zufall oder die zweckmäßigste Berechnung können diesen Verhältnissen zum Grunde liegen. Die Sprungwürmer wandern häufig aus dem Mastdarme in die Scheide der kleinen Mädchen hinüber. Sie können auch von einem Kinde auf ein zweites übersiedeln. Wie aber die Natur manche körnerfressende Vögel unverdauliche Samen genießen läßt, damit diese an einem entfernten Orte mit dem Kothe abgesetzt werden, wie daher jene Thiere nur die lebendigen Transportmittel liefern, so ereignet es sich auch, daß sich manche Eingeweidewürmer nur dann, wenn sie der Nahrungstrieb eines anderen Geschöpfes einem günstigeren Mutterboden zugeführt hat, vollständiger entwickeln können. Der Darm des Stichlings (Gasterosteus) enthält einen Bandwurm (Bothryocephalus solidus), der hier seine Geschlechtstheile nicht ausbildet (§. 2100.). Wird aber sein Hausherr von Wasservögeln, z. B. den Tauchern, zufälliger Weise verzehrt, so gelangt der Schmarotzer, der den Auflösungskräften der Verdauungswerkzeuge siegreich widerstehen kann, in einen für sein ferneres Wachsthum günstigeren Wohnort. Seine Glieder entwickeln reife Eier in ihren weiblichen Geschlechtswerkzeugen. Man hat daher eine scheinbar neue Bandwurmart (Bothryocephalus nodosus), deren Eier später wiederum in's Freie gelangen, damit die bis zu einer gewissen Stufe ausgebildeten Würmer die Stichlinge als ihren vorbereitenden Wohnsitz aufsuchen können.

§. 2117. Die Wanderungen, die ein wesentliches Lebenselement der meisten Eingeweidewürmer auszumachen scheinen, fodern häufig besondere Bewegungswerkzeuge oder eigenthümliche Bewaffnungsorgane, damit die Thiere nach ihrem neuen Wohnsitze vordringen können. Wir finden daher, daß manche Embryonen und Jungen an ihrer äußeren Körperoberfläche flimmern (§. 1202.). Andere dagegen besitzen Haken, Stacheln und ähnliche Horngebilde, mittelst deren sie sich in das Innere mancher Thiere einzubohren vermögen. Ist dieser Zweck vollständig erreicht worden, so gehen oft jene Verletzungsgebilde gänzlich zu Grunde oder sie verwandeln sich in andere, für den Augenblick passendere Stücke, z. B. in Saugwerkzeuge, damit die Säfte desjenigen Wesens, das ihnen jetzt zum Wohnorte dient, desto leichter aufgenommen werden.

§. 2118. Während man früher häufig annahm, daß die Eingeweidewürmer an einen bestimmten verborgenen Wohnsitz für ihre Lebenszeit gebannt sind, deuten die neueren Erfahrungen immer schärfer darauf hin, daß wenigstens die meisten, wo nicht alle Schmarotzerthiere einen nicht unbedeutenden Theil ihres Lebens auf Reisen zubringen. Die Natur scheint dabei jedes Mittel, das zum Zwecke führen kann, in Einzelfällen benutzen zu müssen.

§. 2119. Die Speisen dienen oft als Einschwärzungsmittel der erwachsenen Eingeweidewürmer und der Eier oder der Larven derselben. Kleine, den Essigälchen verwandte Geschöpfe finden sich in dem brandigen Getreide und in anderen Samenkörnern ähnlicher Grasarten. Sie besitzen eine außerordentliche Lebenszähigkeit und gehen selbst durch das Eintrocknen nicht zu Grunde (§. 2110.) Siebold vermuthet mit Recht, daß sie frühere Entwickelungsstufen anderer Helminthen sind und sich nach dem Genusse der Mehlkörner in dem Darme ferner ausbilden. Die Wasserthiere verzehren wahrscheinlich häufig Bandwurmstücke oder die Eier und die Jungen der mannigfachsten Schmarotzerarten in den Nahrungsmassen, die ihr Aufenthaltsort leicht verunreinigt. Es beruht wohl auf keinem Aberglauben, wenn man die Erzeugung, d. h. die Uebertragung des Bandwurmes von dem Genusse bestimmter Gewässer an einzelnen Orten vorzugsweise herleitet.

§. 2120. Die Blutbewegung kann ebenfalls zur Fortbeförderung der jüngeren Eingeweidewürmer zu Hilfe gezogen werden. Die verschiedensten Gefäße des Frosches enthalten bisweilen kleine filarienartige Wesen (§. 2113.). Man kann sogar bei der Betrachtung des Kreislaufes der Schwimmhaut sehen, wie jene Thiere mit dem Blutstrome der Haargefäße (§. 651.) fortgestoßen werden. Puppenhülsen, die in den Magen- und den Darmwänden eingenistet liegen, enthalten häufig ähnliche Geschöpfe. Diese kommen aber auch andererseits an sehr verborgenen Stellen, wie z. B. in der Nähe der Adergeflechte des vierten Ventrikels des centralen Nervensystems (bei *EF*, Fig. 410, S. 627.) vor. Ihre spitzen Körperenden verleihen ihnen wahrscheinlich die Fähigkeit, die Wandungen der Blutgefäße durchsetzen und den Blutstrom, in den sie früher eingedrungen, späterhin an einer entfernten Körperstelle verlassen zu können.

§. 2121. Man hat in einzelnen Fischen bemerkt, daß Eingeweidewürmer, die mittelst solcher gewaltsamer mechanischer Mittel weiter zu kommen suchten, noch aus dem Darme, dem Muskelfleische oder der Haut zur Hälfte herausragten. Der Sandfloh (Pulex penetrans) nistet sich auf die gleiche Art in den nackten Füßen des Menschen in den heißen Zonen Brasiliens ein. Der medinensische Fadenwurm (Filaria medinensis) dringt vermuthlich im erwachsenen Zustande oder auf jüngeren Entwickelungsstufen in ähnlicher Weise vor. Wir haben schon §. 2102 gesehen, daß sich die Cercarien in den Körper anderer Geschöpfe einbohren und hier in vollkommenere Eingeweidewürmer verwandelt wer-

den. Es ergab sich zugleich, daß sich die Ammenbildung (§. 2097.) und die Innenzeugung (§. 2102.) auch in der Klasse der Helminthen hin und wieder geltend machen.

§. 2122. Die äußeren Schwierigkeiten, welche den vorgeschriebenen Wanderungen der Eingeweidewürmer entgegenstehen, führen nicht selten zu Abwegen, deren Folgen in verschiedenartiger Weise zum Vorschein kommen. Ein großer Theil der Eier oder der Jungen geht unzweifelhaft zu Grunde, weil diese Gebilde den zu ihrer ferneren Ausbildung nöthigen Mutterboden verfehlen. Die bedeutende Zahl der Keime (§. 2113.) erklärt sich auf diese Weise. Es ereignet sich aber auch, daß jene Wesen auf unpassenderen Wohnsitzen entarten und in eigenthümliche Geschöpfe nach und nach übergehen.

§. 2123. Wenn sich die Jungen eines in der Katze vorkommenden Bandwurmes (Taenia crassicollis) in dem Körper der Mäuse oder der Ratten verirrt haben, so werden sie wahrscheinlich nach Siebold wassersüchtig. Sind sie in die Leber eingedrungen, so erhält sich nur ihr vorderster Körpertheil unversehrt. Man findet ihn aber dann in einem Balge eingeschlossen. Frißt eine Katze die Maus, in welcher der Schmarotzer wohnt, so kann sich dieser vielleicht wiederum, wenn er nicht indessen zu sehr gelitten hat, regelrechter fortentwickeln. Der Haarwurm (Trichina spiralis), der bisweilen zu Tausenden in den quergestreiften Muskelfasern eines Menschen oder eines Thieres vorkommt, bildet vermuthlich nach Siebold nur eine verirrte und daher verkrüppelte und geschlechtslose Larve eines anderen Schmarotzerthieres.

§. 2124. Fassen wir Alles zusammen, so ergiebt sich, daß die beiden Hauptgründe, wegen deren man die Urzeugung der Eingeweidewürmer annehmen zu müssen glaubt, das scheinbar ausschließliche Leben in anderen Thieren und das Vorkommen in den verborgensten Organtheilen, jene Vorstellung nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen nicht mehr stützen können. Wir wissen, daß die Entozoen einen Theil ihres Lebens im Freien und einen anderen in verschiedenen Geschöpfen zubringen können oder müssen. Ihre Wanderungen und die ihnen zu diesem Zwecke verliehenen Werkzeuge erklären es auch, wie sie in den verstecktesten Körperorganen vorkommen können. Dasjenige, was bis jetzt erforscht worden, deutet überdies nachdrücklich darauf hin, daß hier die Natur von der allgemeinen Regel der mütterlichen Zeugung, ja sogar größtentheils von der zweigeschlechtigen Fortpflanzung nicht abweicht. Die Verhältnisse zwingen nur oft zu den merkwürdigsten Umwegen, um Wesen, die wiederum Samen oder Eier oder beides zugleich erzeugen, herzustellen.

§. 2125. Die Thatsache, daß die Eingeweidewürmer auf mütterlichem Zeugungswege gebildet werden, hat einen gewissen Einfluß auf die Theorie der Wurmkrankheit ausgeübt. Die Helminthiasis wurde auf diese Weise zu einem Leidenszustande, der durch Ansteckung entsteht, während sie die Annahme der Urzeugung der Entozoen zu einer einfachen Dyskrasie gestempelt hatte. Man kann zugeben, daß eine gewisse

Ansteckung der Wurmkrankheit.

Entmischung der Säfte das Gedeihen mancher Schmarotzerthiere befördern wird. Da aber diese immer von außen her eingeführt werden müssen, so kann die Verbesserung der Säftebereitung nur verhindern, daß sich die Eingeweidewürmer gehörig entwickeln oder in dem Menschen selbst fortzuleben vermögen. Die meisten Entozoen erzeugen übrigens keine auffallenderen Krankheitsbeschwerden. Nur einzelne, wie der medinensische Fadenwurm, führen zu Geschwürsbildungen. Die Bandwürmer bedingen bisweilen mehr oder minder heftige Kolikbeschwerden. Ein großer Theil der sogenannten Wurmsymptome der Arzneiwissenschaft dagegen rührt in der Wirklichkeit von den Einflussen der Schmarotzer nicht her.

Verhältnisse der Spermatozoiden zur Urzeugung.

§. 2126. Wir werden später sehen, daß man unter dem Mikroskope unmittelbar verfolgen kann, wie sich die Spermatozoiden (§. 1215.) in dem Innern von Zellen allmählig ausbilden. Könnte man jene Wesen zu den Thieren und nicht zu den Gewebtheilen rechnen, so würden sie die Möglichkeit einer Urzeugung am Sichersten darlegen. Die Annahme der thierischen Natur der Samenkörper fußte vor Allem auf den Bewegungen, die sie zur Zeit ihrer völligen Reife darzubieten pflegen (§. 1217.). Manche Spermatozoiden einzelner Eingeweidewürmer und Krebse scheinen aber die Fähigkeit der Ortsveränderung nicht zu besitzen. Jedes Thier kann überdies, so viel man weiß, seines Gleichen wieder erzeugen oder seine eigene Art erhalten helfen. Die beweglichen Samenkörper dagegen bieten keine Spur von Fortpflanzung dar. Versetzt man deshalb die Spermatozoiden in die Reihe der Gewebemassen, so wird man es eher begreifen, weshalb ähnliche Gebilde an der Hautoberfläche einzelner Polypen vorkommen (§. 1223.) und die von Joh. Müller gefundenen Psorospermien, die in manchen Geschwülsten, z. B. der Fische, angetroffen werden, eine nicht unbedeutende Formähnlichkeit mit den Samenkörpern, jedoch keine Spur von Beweglichkeit besitzen können.

Erhaltung oder Vernichtung der Arten.

§. 2127. Es ergiebt im Ganzen, daß die Urzeugung der Pflanzen und der Thiere nur auf den Werth einer Hypothese oder eines Aberglaubens, den die Fortschritte der Naturwissenschaften immer nachdrücklicher beseitigen, Anspruch machen darf. Die sicheren Erfahrungen deuten vielmehr darauf hin, daß die Arten in der Gegenwart nur erhalten, nicht aber neu geschaffen werden. Die Möglichkeit der ersten Schöpfung fodert auch vielleicht andere Bedingungen, andere meteorologische Verhältnisse, als in jetzigen Zeiten zu Gebote stehen. Es sind deshalb einzelne Species, wie z. B. der Dodo, unter ungünstigen Nebenbedingungen noch in den letzten Jahrhunderten gänzlich zu Grunde gegangen.

Arten der mütterlichen Fortpflanzung.

§. 2128. Die mütterliche Fortpflanzung, die unter unseren Augen allein durchgreift, kann verschiedene, von den Organisationsverhältnissen vorgeschriebene Hauptwege zu verfolgen suchen. Die Theilung fußt auf einer größeren Uebereinstimmung der einzelnen Abschnitte der schon vorhandenen Körpermasse und die Knospenbildung und die Innenzeugung auf einer leichteren Herstellung der Grundanlagen der neuen Wesen, während die geschlechtige Fortpflanzung die zartesten Wachsthumbedingun-

gen anzudeuten im Stande ist. Die Geschlechtsorgane selbst können aber wiederum mittelbar oder unmittelbar zum Vorschein kommen. Das gleichartigere Junge vieler niederen Thiere hat noch nicht die Fähigkeit, die so eigenthümlichen Geschlechtsproducte hervorzubringen. Es müssen sich die Zwischenstufen der Theilungen, der Knospenbildungen oder der Innenzeugung, die mannigfachsten tieferen Wachsthums- und Fortpflanzungsarten der Ammenformationen einschalten, ehe die specifischen Geschlechtswerkzeuge selbst auftreten können. Eine tiefere Stufe der Organisationsbedingungen macht den Hermaphroditismus und eine höhere die wechselseitige Trennung der Geschlechter zuletzt möglich.

§. 2129. Männliche Geschlechtswerkzeuge. — Die Be- Same.
reitung und die zweckmäßige Ausfuhr des mit beweglichen Samenkörpern versehenen Samens bilden den Hauptzweck dieser Art von Körperorganen. Die Samenmasse des Menschen und der Säugethiere entsteht in den gewundenen und verknäuelten Samencanälchen, welche die einzelnen Hodenläppchen ausfüllen (*s*, Fig. 424, S. 666.). Sie rückt dann durch das Haller'sche Gefäßnetz, die Ausführungsröhren und die Gefäßkegel nach dem Nebenhoden (*t*, Fig. 424.) und dem Samenausführungsgange (*v*, *w* und *p*, *q*, Fig. 424.) fort und bildet sich dabei immer weiter aus. Man kann daher die Entwickelung der Samenelemente an den Geschlechtswerkzeugen eines und desselben Thieres unter günstigen Verhältnissen vollständig verfolgen.

§. 2130. Ist einmal der Mensch in den Jünglingsjahren geschlechts- Brunst der männlichen Thiere.
reif geworden, so vermag er befruchtungsfähigen Samen von nun an bis in das höchste Greisenalter hinein zu jeder beliebigen Jahreszeit auszusondern. Die Thiere dagegen werden nur zu bestimmten Epochen brünstig. Sie verfallen dabei in einen Zustand vermehrter Geschlechtserregung. Ihre Hoden, deren Umfang mehr oder minder zunimmt, liefern dann reifen Samen, während sie sonst zu ruhen oder wenigstens andere und geringere Flüssigkeitsmengen zu bereiten pflegen. Die Brunst tritt hier ebenfalls erst ein, wenn ein gewisses Lebensalter erreicht worden. Ist sie vorübergegangen, so folgt eine Periode der Unthätigkeit, in der keine neuen Spermatozoiden entstehen und die zurückgebliebenen allmählig absterben.

§. 2131. Die Hoden des Menschen sondern schon an und für sich Zu häufige Samenentleerung.
langsamer, als die meisten übrigen Drüsen ab. Rasch wiederkehrende Erregungen und Entleerungen können sie zu etwas vergrößerter Thätigkeit anspornen. Da aber die vollständige Entwickelung der Samenelemente längere Zeiträume in Anspruch nimmt, so ereignet es sich dann, daß die später entleerte Befruchtungsflüssigkeit immer weniger freie bewegliche Samenkörper und immer mehr frühere Entwickelungsstufen unter dem Mikroskope darbietet.

§. 2132. Die Spermatozoiden aller bis jetzt genauer untersuchten Entwickelung der Spermatozoiden.
Thiere entwickeln sich in Zellen oder Cysten, aus denen sie später durch die Zerstörung ihrer ursprünglichen Wohnstätte befreit werden. Man bemerkt

zuerst rundliche, kleinere und einfachere Zellen (Taf. V. Fig. LXXVIII. c.), in denen später einzelne Tochtermassen oder vollständige Tochterzellen (Taf. V. Fig. LXXVIII. d.) wahrgenommen werden. Diese letzteren liefern das Material für die sich ausbildenden Spermatozoiden, die entweder vereinzelt (c, Fig. 255, S. 385.) oder bündelweise, wie es Fig. 423 darstellt, in den Mutterzellen liegen. Die Hüllen werden zuletzt aufgelöst, so daß sich die Spermatozoiden in der Samenflüssigkeit frei herumbewegen (Taf. V. Fig. LVIII. a. b.)

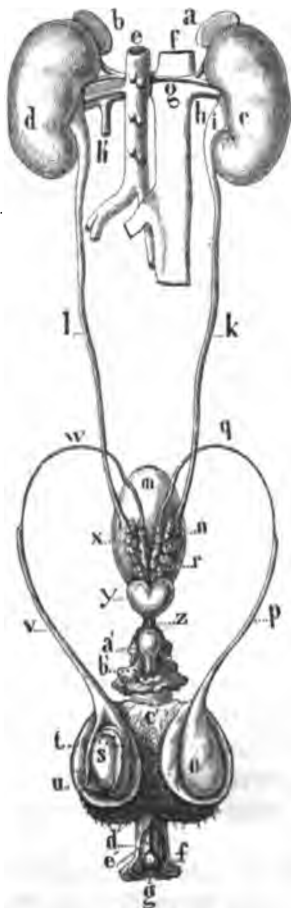
Fig. 423.



Verschiedene Bestandtheile des Samens

§. 2133. Der vollkommen reife Samen des Menschen und der meisten Thiere enthält fast nur bewegliche Samenfäden als Gemengtheile der Samenflüssigkeit. Man kann dieses bisweilen in dem Inhalte des Samenausführungsganges (v, w und p, q, Fig. 424.) und des Nebenhodens (t, Fig. 424.) von Leichen keuscher Männer vollständig nachweisen. Die Masse dagegen, welche in den Samencanälchen des Hodens angetroffen wird, führt außerdem noch jüngere Formen als mechanische Bestandtheile der Befruchtungsflüssigkeit. Losgestoßene Epithelialzellen und einzelne seltene ölichte Tropfen können außerdem noch vorkommen. Folgen die Samenentleerungen zu rasch auf einander, so wird man größere Mengen von Samenzellen in der durch die Pollution abgehenden Flüssigkeit vorfinden.

Fig. 424.



Chemische Veränderung des Samens

§. 2134. Man hat bis jetzt noch nicht die Mischung der reinen Samenmasse quantitativ genauer verfolgt. Die mit unreifen Samenkörpern versehene Flüssigkeit enthält nach Frerichs Eiweiß, die reife dagegen Hornsubstanz. Die Ausbildung der Spermatozoiden ließe sich hiernach mit dem Verhornungsprocesse (§. 1016.) zusammenstellen.

Samenentleerung.

§. 2135. Eine Reflexthätigkeit liegt gewöhnlich der Samenentleerung zum Grunde. Die Reibung der Eichelhaut (f', Fig. 424.) erzeugt Reflexbewegungen in den Samenleitern (v, w und p, q) und wahrscheinlich auch in den Samen=

canälchen der Nebenhoden (*t*) und der Hoden (*s*, *o*). Man kann diese Wirkung in frisch getödteten Säugethieren auf künstlichem Wege zum Vorschein bringen. Die Samenmasse gelangt dann zunächst in den unteren drüsigten Theil des Samenausführungsganges (*r*, Fig. 424, *fg*, Fig. 425.). Sie dringt von da durch die Harnröhre (*za' b' d'*, Fig. 424.) zur Mündung der Eichel (*g'*, Fig. 424.) heraus. Sie kann hierbei mit solcher Gewalt hervorgetrieben werden, daß sie einen oder mehrere Fuß weit bei kräftigen Männern fortspritzt.

§. 2136. Eine unmittelbare Nervenreizung führt ebenfalls bisweilen zum Samenergusse. Man hat in frisch getödteten Säugethieren beobachtet, daß die mechanische oder die chemische Erregung der Lendentheile des sympathischen Nerven so heftige Zusammenziehungen der Samenblasen nach sich zog, daß die Samenmasse zur Harnröhrenmündung hervortrat. Die Harnröhre von Enthaupteten enthält eine schleimigte Mischung, in der sich Spermatozoiden unter dem Mikroskope nachweisen lassen. Man hat früher häufig geglaubt, daß der Samenerguß ein wesentliches Merkmal des Erhenkungstodes bildet. Man kann sich aber überzeugen, daß er hier nicht immer und wahrscheinlich nur dann, wenn der obere Theil des Rückenmarkes tiefer verletzt wurde, zu Stande kommt.

§. 2137. Die röhrigten drüsenähnlichen Samenblasen *lm*, Fig. 425 (*x*, Fig. 424.), führen eine schleimigte Flüssigkeit, in welcher bisweilen Samenfäden angetroffen werden. Sie liefern ihre eigenthümliche Absonderung, die nur hin und wieder mit ächtem Samen vermischt wird. Sie bilden daher keineswegs die nothwendigen Aufnahmsbehälter der Befruchtungsflüssigkeit und übernehmen hier eine andere Rolle, als die Gallenblase für die Leber- (§. 923.) und die Harnblase für die Nierenabsonderung (§. 938.). Samenblasen.

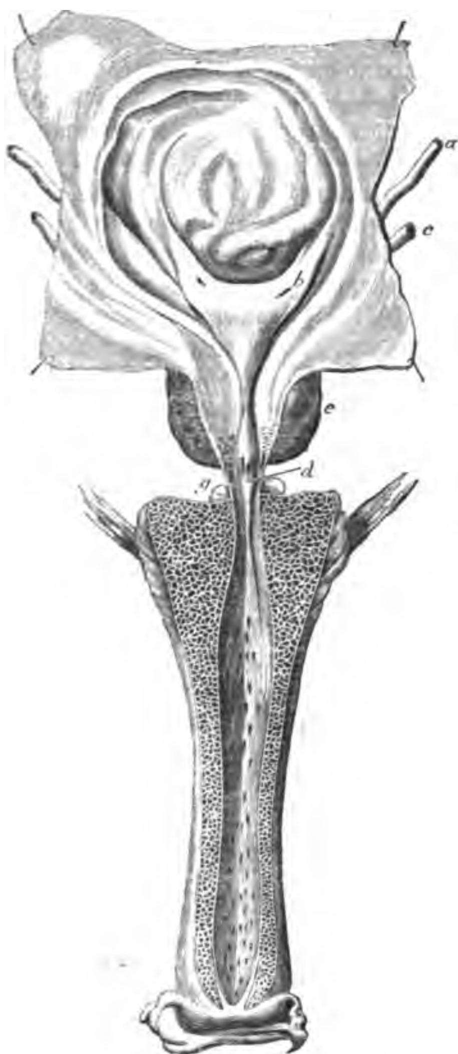
Fig. 425.



§. 2138. Jede der beiden Samenblasen *lm*, Fig. 425, vereinigt sich mit dem entsprechenden Samenleiter *fg* zu einem kurzen Ableitungsgange *no*, der an dem Schnepfenkopfe in die Harnröhre mündet. Wenn *a*, Fig. 426 (s. f. S.), den Harnleiter (*kl*, Fig. 424, *ab*, Fig. 425.), *c* den Samenausführungsgang und *b* die aufgeschnittene Harnblase (*m*, Fig. 424, *gh*, Fig. 425.), die sich in die ebenfalls aufgeschlitzte Harnröhre fortsetzt, darstellt, so bezeichnet *d*, Fig. 426, die Mündung des Samenentleerungsganges. Da sich aber die Samenblasen mit den Samenausführungsgängen (§. 2135.) gleichzeitig zu verkürzen Vorsteherdrüse und Cowper'sche Drüsen.

pflegen, so ergiebt sich, daß kein reiner Same, sondern eine Mischung von diesem und der Absonderungsmasse der Samenblasen (§. 2137.) in die Harnröhre vordringt. Die Vorsteherdrüse (*c*, Fig. 426, *rs*, Fig. 425, *y*, Fig. 424.) entleert vermuthlich zugleich ihre Secretionsflüssigkeit in den ihr benachbarten Theil der Harnröhre (oberhalb *d*, Fig. 426.). Die Cowper'schen Drüsen (*g*, Fig. 426.) ergießen ebenfalls die ihrige in den ferneren Verlauf derselben. Der Same wird auf diese Weise mit einer noch größeren Zahl fremdartiger Bestandtheile vermischt. Diese gemengte Entleerungsmasse setzt im Freien Flocken ab. Sie macht die Wäsche, auf der sie eintrocknet, steif und theilt ihr eine schwache graugrünliche Farbe mit.

Fig. 426.



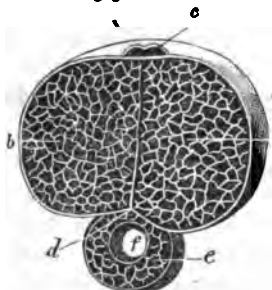
Spermatorrh. §. 2139. Obgleich die Harnröhre den gemeinschaftlichen Abzugscanal des Urines und des Samens bildet, so kommt es doch unter regelrechten Verhältnissen nicht vor, daß beide Absonderungen gleichzeitig austreten. Die Harnblase pflegt in dem Augenblicke des Samenergusses verschlossen zu bleiben (§. 942.). Wir werden überdieß bald sehen, daß die Steifung des männlichen Gliedes diese Sonderung der Blase von der Harnröhre wesentlich unterstützen kann. Die Mechanik, mittelst deren der Urin ausgetrieben wird (§. 941.), läßt ihrerseits die Samenausführungsgänge und die Samenblasen in Ruhe, so daß keine Veranlassung zur Ejaculation vorhanden ist. Man findet aber bei Rückenmarkskranken, in Onanisten und in ausschweifenden Menschen,

daß Samen vorzüglich am Ende des Harnlassens unwillkührlich und ohne jedes Wollustgefühl häufig abgeht. Diese Spermatorrhö ist an und für sich nicht so gefährlich, als man meistentheils zu glauben pflegt. Wenn Kranke der Art tief hypochondrisch werden, an Lähmungserscheinungen zu leiden anfangen oder selbst abzehrend zu Grunde gehen, so liegt dieses nicht in dem Massenverluste, den die Samenergüsse herbeiführen, sondern in den nervösen Nebenstörungen, die sich früher oder später hinzugesellen.

§. 2140. Die Steifung des männlichen Gliedes bildet keine nothwendige Vorbedingung des Samenergusses. Sie dient vielmehr vor Allem den Begattungszwecken, damit nämlich die Ruthe das Scheidenrohr vollständiger ausfüllen und desto stärkere Wollustgefühle in beiden Geschlechtern erregen könne. Da sie nur die Anwesenheit der bald zu erwähnenden Fächergewebe voraussetzt, so kommt sie auch häufig genug zwecklos, z. B. in Neugeborenen zu Stande. Verschnittene und Menschen, die einen Theil ihres Penis verloren haben, können eine mehr oder minder vollständige Steifung dessenungeachtet darbieten. Steifung der Ruthe.

§. 2141. Fig. 427 stellt einen Querschnitt der oberen Hälfte der von den Venen aus aufgeblasenen und getrockneten Ruthe eines Erwachsenen dar. *a* und *b* sind die beiden durch eine sehnigte Scheidewand *c d* getrennten cavernösen Körper, die Schwell- oder die Fächergewebe der Ruthe. Sie verschmelzen später wechselseitig und gehen endlich zuletzt in den Fachkörper der Eichel über. *e* ist der cavernöse Körper der Harnröhre *f*. Fig. 427 stellt einen Theil des Maschenwerkes im Längendurchschnitte dar.

Fig. 427.



§. 2142. Die cavernösen Körper werden dadurch erzeugt, daß sich die Hohlräume zahlreicher Blutadern auf das Innigste gegenseitig verbinden und die Lücken eines vielseitigen Maschenwerkes auf diese Art darstellen. Wir haben daher hier gewissermaaßen die größtmögliche Concentrirung der Anastomosen oder eines Wundernetzes des Venensystems. Die breiteren Scheidewände, welche die einzelnen Hohlräume trennen, und die schmaleren Bälkchen, welche die größeren von ihnen häufig durchsetzen, schließen die zuführenden Schlagaderstämme ein. Manche feinere Arterien und zwar vorzüglich die, welche in den dünneren Balken enthalten sind, verlaufen häufig gewunden oder korkzieherartig. Sie gehen dann in die anstoßenden Venenräume, ohne daß ein Haargefäßnetz dazwischen liegt, über. Die breiteren Scheidewände dagegen, wie sie schon zum Theil in der Wurzelhälfte, ausschließlich dagegen in den übrigen Abschnitten der Fachgewebe vorkommen, führen Gefäßnetze, die sich in die Venenräume später fortsetzen. Man findet nirgends, daß einzelne Schlagadern blind endigen. Die sogenannten rankenförmigen

Pulsadern (Art. helicinae), denen man diese Eigenschaft zugeschrieben, sind nur abgerissene und elastisch eingerollte Arterienzweige, die in den feineren Bälkchen ursprünglich dahingingen und an einer Stelle ihres Verlaufes bei dem Aufschneiden der Fächergewebe getrennt wurden. Die mannigfachen Scheidewände enthalten außerdem noch Zellgewebe, sehnigte, elastische Fasern und einfache Muskelfasern, Nerven und vermuthlich auch Saugadern. Die innere Venenhaut der Maschenräume liefert die sie begrenzenden Außenflächen.

§. 2143. Die Steifung des Gliedes geht nicht immer aus ihrer passendsten Gelegenheitsursache, der geschlechtigen Aufregung, hervor. Die mechanische Reizung des Penis und vorzüglich die Reibung der Eichelhaut, der Druck, den die gefüllte und ausgedehnte Harnblase, Harnsteine oder Geschwülste auf die Ruthennerven ausüben, Erregungen des centralen Nervensystems und selbst die Gefühle des Mitleides können Erectionen zur Folge haben. Wollustgefühle pflegen dann, sobald die Umfangsvergrößerungen des Penis bis zu einem gewissen Grade vorgeschritten, nachträglich hinzuzukommen.

§. 2144. Alle äußeren Veränderungen, die Volumenszunahme, die geradere Richtung, die Wendung nach oben und die bedeutendere Härte, welche die völlig gesteifte Ruthe zeigt, rühren von der übermäßigen Füllung der Maschenräume der Schwellgewebe ausschließlich her. Hat man diese in der Leiche mit erstarrenden Massen möglichst angefüllt, so kommt hierbei der Zustand der höchsten Erection von selbst zum Vorschein. Man hat dagegen noch nicht die beiden Hauptursachen, welche diese Veränderung der Kreislaufsverhältnisse möglich machen, mit befriedigender Vollständigkeit ergründen können. Man weiß noch nicht, auf welche Art es die Ruthennerven möglich machen, daß mehr Blut den Fächergeweben zuströmt. Man kann nur unvollständig darlegen, weshalb alle oder wenigstens die größte Menge der zugeleiteten Flüssigkeit in den Maschenräumen zurückgehalten wird.

§. 2145. Der Wurzeltheil des Gliedes (unter *gg*, Fig. 426, S. 668.) nimmt zuerst an Umfang zu. Die Volumensvergrößerung schreitet von da nach der Eichel hin fort. Die Aufrichtung und die Härte kommen erst nach einer gewissen Stärke der Anfüllung zum Vorschein. Da die venösen Maschenräume der Fachgewebe ein beträchtlich größeres Flußbett, als die zuführenden Schlagadern darbieten, so ergiebt sich von selbst, daß das Blut jene Hohlbezirke mit geringer Geschwindigkeit durchsetzen oder sich länger in ihnen aufhalten wird (§. 106.). Dieses erklärt aber höchstens, weshalb die Schwellgewebe des erschlafften Gliedes auch im Ruhezustande reichliche dunkele Blutmengen enthalten. Die Ueberfüllung dagegen, welche die Steifung bedingt, setzt nothwendiger Weise voraus, daß ein entschiedenes Hinderniß den Abfluß des venösen Blutes hemmt, während das Schlagaderblut frei zuströmen kann. Da die Arterien im Innern und mithin geschützter verlaufen, so erklärt sich die Fortdauer der Zufuhr ohne Weiteres. Was dagegen die Rückkehr

des Venenblutes betrifft, so hat man angenommen, daß besondere Muskeln (M. M. ischio-cavernosi) die Ruthe gegen die Schaambeinsymphyse (unter *k*, Fig. 260, S. 419.) andrücken und die zurückführenden Venenstämme zusammenpressen. Eine zweite Vorstellung, daß ein Theil der in den Fachgeweben vorkommenden einfachen Muskelfasern die Ausgänge verengert oder gänzlich schließt, dürfte der Wahrheit eher entsprechen.

§. 2146. Ist die Samenentleerung eingetreten, so nimmt hierauf die Steifung der Ruthe binnen Kurzem ab. Die Rückkehr zu dem regelrechten Umfange fodert dann weniger Zeit, als die Erection früherhin in Anspruch genommen. Die Schleusen des Venenblutes werden jetzt plötzlich geöffnet. Die elastische Rückwirkung der übermäßig ausgedehnten Scheidewände und Hüllen drückt auf die benachbarten Blutmassen. Die einfachen Muskelfasern (§. 2142.) können wahrscheinlich die Triebkraft noch mehr vergrößern. Der Ueberschuß des Blutes muß daher aus den Fachgeweben mit beschleunigter Geschwindigkeit nach den Beckenvenen zurückkehren.

§. 2147. Hat die nervöse Entladung, die den Samenerguß zu begleiten pflegt, nicht eingegriffen, so verliert sich auch die Steifung bei Weitem langsamer. Die Gewebe, welche die Rückkehr des Blutes hindern, geben dann nur allmählig nach. Die Nerveneinflüsse können später eine zweite Steifung leichter oder nach einer kürzeren Zwischenzeit möglich machen.

§. 2148. Die Fächergewebe des Gliedes (*a b*, Fig. 427, S. 669.), der Eichel (*g'*, Fig. 424, S. 666.) und der Harnröhre (*c*, Fig. 424.) bedingen die äußerlich sichtbare Umfangszunahme der Ruthenmasse. Die Maschenräume derselben hängen wechselseitig zusammen, so daß der vollständigere Blutzufluß unter allen Verhältnissen in höherem Grade gesichert ist. Andere cavernöse Venenmassen ziehen sich aber längs der Zwiebel (*a'*, Fig. 424.) und der Verengerung (*z*, Fig. 424.) der Harnröhre bis nach dem Blasenhalse (von *g* bis *e*, Fig. 426, S. 668.) hin fort. Diese schwellen ebenfalls an und sichern hierdurch den Verschluß des Blasenausganges um so nachdrücklicher. Ein Mensch, der mit vollständig gesteifter Ruthe erwacht ist, kann daher erst seinen Harn, wenn die Erection bis zu einem gewissen Grade nachgelassen hat, ohne Hinderniß hervortreten lassen.

§. 2149. Weibliche Geschlechtswerkzeuge. — Wie die Hoden die männliche Befruchtungsflüssigkeit liefern, so wird das Ei oder der wesentlichste Theil der weiblichen Zeugungsstoffe in dem Eierstocke, *e*, Fig. 428 (s. f. S.), zuerst erzeugt. Der Eileiter *g f* und die Gebärmutter *a b* in die es später gelangt, fügen nur neue Ernährungs- und Schutzmassen nach der Befruchtung hinzu. Der ausgebildete Eierstock vieler niederen Thiere gleicht im Wesentlichen einer röhrigten Drüse (§. 857.), in deren Schläuchen die Eichen gewissermaaßen als Absonderungsproducte oder als eigenthümliche Drüsenzellen auftreten. Das vollständig ent- Eierstöcke.

wickelte Ovarium des Menschen und der Säugethiere dagegen scheint auf den ersten Blick keine Drüsenstructur zu besitzen.

Fig. 428.



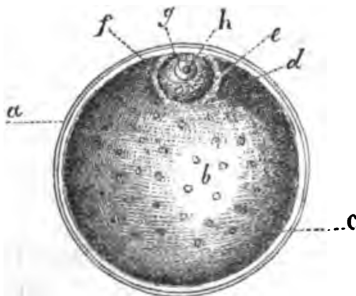
Einbettung der Eier.

§. 2150. Während die Eierstockseichen der Vögel, der Amphibien, der Fische und vieler wirbellosen Geschöpfe in dünne Kapseln eingeschlossen werden, führen der Mensch und die Säugethiere zu verwickelteren Organisationsverhältnissen. Man bemerkt hier eine gewisse Menge von Bläschen, die Graaf'schen Follikel, die theils an der Oberfläche hervorragen und den Bauchfellüberzug des Eierstockes emporheben, theils aber auch in der Tiefe der Ovarialmasse, dem Stroma, vergraben sind. Jedes von ihnen schließt dann in der Regel eins, sehr selten dagegen zwei oder noch mehr mikroskopisch kleine Eichen in sich ein.

Follikel der Säugethiere.

§. 2151. Fig. 429 giebt einen Idealdurchschnitt eines Follikels des menschlichen Eierstockes. *a* ist die das Ganze überall einschließende Follikularhaut. Eine eigenthümliche gleichartige Mischung, der flüssige Follikularinhalt, füllt den größten Theil des Hohlraumes *b* aus. Eine eigene Körnerhaut *c*, deren rundliche, in einer gleichartigen Gallertmasse eingebettete Zellen- oder Kernelemente ursprünglich pflasterartig zusammen liegen, läuft fast längs der ganzen Ausdehnung der Innenseite der Follikularhaut *a* dahin. Das mikroskopisch kleine Eichen *fgh*, Fig. 429, nimmt die höchste Stelle des Follikularraumes ein. Ein heller Ring, die Zone oder der durchsichtige Gürtel *e* (zona pellucida) umgiebt dasselbe allseitig. Manche halten ihn für ein Ersatzstück der Dotterhaut (§. 2083.), während Andere eine besondere Dotterhaut außerdem noch annehmen. Die Keimscheibe (Discus proligerus) *d*, entsteht dadurch, daß sich die Körnerhaut *c* in der Nähe der Zone *e* verdickt und mithin wallartig aufwulstet. Der innerste dickste Abschnitt derselben bildet den Keimhügel (Cumulus). Das Eichen selbst enthält seinen Dotter *f*, sein Keimbläschen *g* und seinen Keimfleck *h*, Fig. 429 (§. 2083.).

Fig. 429.



§. 2152. Wir haben §. 2130 gesehen, daß erst die Geschlechtsreife den Hoden die Fähigkeit verleiht, ächten, mit Sparmatozoiden versehenen Samen auszubilden. Die Follikel und die Eichen dagegen können schon im Neugeborenen und selbst in dem entwickelteren Embryo einzelner Säugethiere angetroffen werden. Man hat häufig vermuthet, daß die älteren Bläschen im Laufe der Zeit aufgesogen und neue an deren Stelle gebildet werden. Es ist jedoch noch nicht gelungen, diese Annahme mit Sicherheit nachzuweisen. Frühzeitige Entstehung der Follikel.

§. 2153. Die Eier der Vögel und der übrigen niederen Wirbelthiere vergrößern sich vor ihrem Austritte aus dem Eierstocke in bedeutenderem oder geringerem Maaße. Die des Menschen und der Säugethiere verlassen ihren ursprünglichen Wohnsitz als mikroskopisch kleine Gebilde. Eine eigenthümliche Mechanik führt dabei zu dieser Veränderung ihres Aufenthaltsortes. Austritt der Eichen.

§. 2154. Die größeren und reiferen Follikel ragen an der Oberfläche des Eierstockes hervor. Die Blutgefäße, welche die Follikularhaut (*a*, Fig. 429.) des zum Bersten bestimmten Bläschens umstricken, füllen sich stärker an. Die Menge des Follikularinhaltes (*b*, Fig. 429.) nimmt hierdurch beträchtlich zu. Die ganze Blase wird daher praller gespannt. Eine nicht unbedeutende und später gerinnende Blutmasse ergießt sich bisweilen in die Höhle des Follikels. Eine Ausschwitzung, die sich zuerst in dem Grunde des Bläschens (*c*, Fig. 429.) absetzt, den oberen Theil (*a*) dagegen vorläufig noch nicht ausfüllt, kommt in jedem Falle nachträglich zum Vorschein. Die flüssige Masse des Follikularinhaltes wird daher nach dieser Gegend, die über das Stroma des Eierstockes hervortritt und nur von dem Bauchfellüberzuge bekleidet ist, hingedrängt. Jener Bezirk tritt immer stärker heraus und berstet endlich an der höchsten Stelle der Auftreibung. Da die kleine Oeffnung gerade vor dem Eichen (*fgh*, Fig. 429.) liegt, so stürzt dieses mit dem Gürtel (*e*), der in ihrem Umkreise abgerissenen Keimscheibe (*d*) und dem größten Theile des flüssigen Follikularinhaltes (*b*) heraus. Die Körnerhaut (*c*) und die Follikularmembran *a* dagegen bleiben ihrer dichteren Anheftung wegen in dem Eierstocke zurück.

§. 2155. Die Ausschwitzung, welche den Austritt des Eichens möglich machte, nimmt in der Folge immer noch zu. Sie füllt allmählig die gesammte Follikularhöhle aus und kann selbst zur Einrißöffnung in Form einer Warze, z. B. im Kaninchen, hin und wieder hervorragen. Man hat dann eine dichte kugelige Masse, die man mit dem Namen des gelben Körpers (Corpus luteum) belegte, weil sie eine gelbe Farbe im Menschen und in einzelnen Säugethieren darbietet. Sie kann jedoch auch grauweiß, roth, violett oder braun erscheinen. Sie nimmt später an Umfang ab, wird dabei dichter, verwandelt sich nach und nach in ein kleines rundliches oder längliches Knötchen und hinterläßt endlich einen narbenartigen Eindruck, der aber auch noch in der Folge gänzlich schwinden kann. Gelbe Körper.

Blutfluß bei der Brunst der Thiere. §. 2156. Die zu gewissen Epochen auftretende Brunst (§. 2130.) der Säugethiere erzeugt einen lebhaften Blutandrang nach den weiblichen Geschlechtswerkzeugen. Die Eichen treten nur zu dieser Zeit aus den Eierstöcken hervor. Eine blutige Masse oder eine schleimigt blutige Absonderung kommt dann nicht selten zur Scheide heraus. Die Begattungslust macht sich nur zu dieser Zeit vor Allem geltend. Sie scheint von der Stärke der eben erwähnten Brunsterscheinungen unmittelbar abzuhängen.

Monatliche Reinigung der Frau. §. 2157. Die Geschlechtsreife des Mädchens, der Unterschied der Jungfrau und des Kindes kündigt sich dadurch an, daß ein Blutfluß der weiblichen Geschlechtswerkzeuge, die Regeln, die monatliche Reinigung, die Periode oder die Menstruation zum Vorschein kommt. Dieser Abgang wiederholt sich im Normalzustande jeden Monat ein Mal. Die Menstrualbildung hält dann von der Pubertätszeit bis zu einem späteren Lebensabschnitte, den man mit dem Namen der Rückbildungs- oder der Revolutionsepoche bezeichnet, an. Die Frau kann nur während dieses Zeitraumes ihres Daseins befruchtet werden. Sie war ein Kind, das die Art noch nicht zu erhalten vermochte, vor dem Eintritte der Pubertätsjahre. Die Revolutionszeit dagegen macht sie zur Matrone, deren Geschlechtswerkzeuge keine fruchtbringende Thätigkeit mehr entwickeln können.

Dauer der Menstruationsfähigkeit der Frau. §. 2158. Der Anfang der Pubertät und der der Rückbildung können in hohem Grade schwanken. Man darf für unsere Klimate im Allgemeinen annehmen, daß die Regeln zu 14 bis 16 Jahren meistentheils durchbrechen und sich zwischen 40 bis 45 Jahren wiederum zu verlieren pflegen. Man stößt jedoch auch auf verhältnißmäßig beträchtliche Abweichungen. Es kommt in den Eingeborenen der Tropen häufig vor, daß die Menstruation zu 9 bis 11 Jahren zuerst erscheint und zu 30 bis 35 für immer aufhört. Diese Zeiträume werden dagegen häufig in dem hohen Norden weiter, als in gemäßigteren Gegenden des Erdballes hinausgeschoben. Man kann jedoch Negerinnen finden, deren Regeln eben so spät als in einzelnen Schwedinnen, z. B. zu 20 bis 21 Jahren, zum Vorschein kommen.

Periodische Wiederkehr der monatlichen Reinigung. §. 2159. Man findet in Ausnahmsfällen, daß die monatliche Reinigung nach je ein bis zwei oder erst nach fünf bis sechs Wochen wiederkehrt. Die gewöhnliche Zeitpause pflegt aber gerade vier Wochen oder 28 Tage in Anspruch zu nehmen. Größere Beobachtungsreihen liefern diesen Werth als Mittelzahl. Da er zugleich unter allen auftretenden Zeitgrößen am Häufigsten vorkommt, so ergiebt sich von selbst, daß er eine natürliche und keine bloß zufällige Durchschnittszahl darstellt.

Angebliche Beziehungen zum Mondumlaufe. §. 2160. Man hat häufig eine gewisse Beziehung der Menstruationsverhältnisse zu den Erscheinungen des Mondwechsels deshalb angenommen, weil ein Umlauf des Mondes um die Erde 28 Tage ebenfalls nöthig hat. Diese Ansicht fußt aber auf keinen Beweisen, wie sie die Naturwissenschaften fodern müssen. Da die Regeln an jedem beliebigen

Tage in den verschiedenen Frauen durchbrechen können, und nicht selten einige Tage früher oder später in den gesündesten Personen wiederkehren, so ergiebt sich, daß man hier so fixe Erscheinungen, wie sie der Mondumlauf darbietet, in keinem Falle vor sich hat.

§. 2161. Die monatliche Reinigung führt zwar an und für sich zu keinen besonderen Beschwerden in gesunden Frauenzimmern. Krankhafte Erscheinungen pflegen sich aber hier leichter, als in manchen anderen regelrechten Thätigkeiten unter störenden Nebenverhältnissen geltend zu machen. Ziehen oder Schmerzen im Kreuze, Koliken, Uebelkeit, Abgeschlagenheit und selbst Fiebersymptome gehen dann nicht selten dem Durchbruch der Regeln voraus. Blässe des Angesichtes, blaue Ringe um die Augen, Kopfschmerzen, Geistesverstimmung, Erbrechen, Auftreibung des Unterleibes und mannigfache Unordnungen in den Eingeweiden desselben können während der Dauer des Blutflusses zum Vorschein kommen. Nebenwirkungen der monatlichen Reinigung.

§. 2162. Man findet bisweilen, daß mehr Schleim als gewöhnlich kurz vor dem Eintritte der Regeln zum Scheidenrohre abgeht. Der Blutfluß bricht aber auch oft in gesunden Frauen scheinbar von Anfang an durch. Hat er einige Tage angehalten, so strömt eine wässerige, immer weniger geröthete Masse zur Scheidenspalte hervor. Sie wird allmählig farblos, nimmt nach und nach an Menge ab und verwandelt sich zuletzt in eine schleimigte Mischung, die sich am Ende gänzlich verliert. Veränderung des Menstrualabganges.

§. 2163. Diese Wechselerscheinungen hindern jede genaue Bestimmung der Dauer der Menstrualzeit. Der rein blutige und der wie Fleischwasser gefärbte Abgang pflegen meistentheils ungefähr 4 bis 6 Tage anzuhalten. Man findet jedoch häufig genug, daß Frauen, deren Regeln sparsamer fließen, nur 2 bis 3 Tage lang, und Personen, die zu Blutflüssen geneigt sind, während 7 oder 8 Tage menstruirt bleiben. Dauer der Regeln.

§. 2164. Das Menstrualblut enthält immer eine beträchtliche Menge von Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXV. a. b.). Obgleich es flüssiger, als andere Blutmassen zu bleiben pflegt, so darf man ihm doch alle Gerinnungsfähigkeit (§. 1001.) nicht absprechen. Die mikroskopische Untersuchung weist bisweilen einzelne coagulirte Faserstoffmassen, vorzüglich in demjenigen Menstrualblute, das noch in der Gebärmutter enthalten ist (Taf. II. Fig. XXV. a.), nach. Die reichlicheren Blutmengen dagegen, welche während und unmittelbar nach der Geburt, in der ersten Zeit des Wochenbettes und in regelwidrigen Gebärmutterblutflüssen zu den Geschlechtstheilen hervortreten, gerinnen in gewöhnlicher Weise und daher in größeren, sogleich in die Augen fallenden Massen. Exsudatkörperchen (§. 1053 [Taf. II. Fig. XXV. d. e f.]) zeigen sich in um so reichlicherer Menge, je mehr sich die eigentlich blutige Menstrualabsonderung allmählig verliert (§. 2162.). Beschaffenheit des Menstrualblutes.

§. 2165. Es kommt krankhafter Weise vor, daß die umgestülpte Innenfläche der Gebärmutter zur Scheidenspalte frei herausragt. Man Absonderung des Menstrualblutes.

hat in einzelnen Fällen der Art unmittelbar sehen können, daß das Menstrualblut zur Gebärmutterschleimhaut hervorquoll. Die Art und Weise dagegen, wie es hier ausgesondert wird, ist bis jetzt noch nicht erforscht worden.

§. 2166. Ist eine Frau während ihrer Menstruationszeit an irgend einer anderen Krankheit, als an einem Leiden der Geschlechtsorgane zu Grunde gegangen, so findet man dessenungeachtet, daß die Eierstöcke und die Gebärmutter eine auffallende Menge stark gefüllter Blutgefäße besitzen. Oeffnet man die Gebärmutter einen oder mehrere Tage nach dem Tode, so stößt man auf einzelne Klumpen geronnenen Blutes, dessen Bestandtheile Taf. II. Fig. XXV. mikroskopisch vergrößert darzustellen sucht. Die Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXV. b. c.) kommen in größter Zahl, die Ausschwitzungskörperchen (Taf. II. Fig. XXV. d. e. f.) dagegen im Anfange bei Weitem sparsamer vor. Der geronnene Faserstoff (Taf. II. Fig. XXV. a.) bildet unbestimmtere Massen, die das Ganze auf das Mannigfachste durchziehen und von der Grundflüssigkeit, in welcher die übrigen Festgebilde schwimmen, ebenfalls durchtränkt sind. Das flüssige Menstrualblut, das die Geschlechtswerkzeuge der lebenden Frau verlassen hat, ist bedeutend getrübt. Läßt man es in einem Glase ruhig stehen, so erzeugt sich später ein lockerer Bodensatz, der vorzugsweise von niedergefallenen Blutkörperchen gebildet wird.

Beschaffenheit der Gebärmutter zur Menstrualzeit.

§. 2167. Die innere Schleimhautfläche eines in seiner Menstruationsthätigkeit begriffenen Fruchthälters besteht aus einer grauweißen gallertähnlichen Masse, in welcher man eine glashelle Grundsubstanz (Taf. II. Fig. XXVI. a.) und pflasterartig zusammengehäufte körnige Kugeln (Taf. II. Fig. XXVI. b.) unter dem Mikroskope wahrnimmt. Man bemerkt überdies einzelne rothe Punkte oder Flecke, die Blutkörperchen und zum Theil selbst geronnene Faserstoffmassen enthalten können. Stark gefüllte kleinere Blutgefäße schimmern an manchen Stellen der Gallertmasse durch. Diese Veränderung der Innenfläche der Gebärmutterschleimhaut zeigt sich übrigens eher, als die Regeln selbst zum Vorschein kommen. Man hat sie wenigstens in dem Uterus eines Mädchens, das einige Tage vor der Wiederkehr ihrer Menstruation hingerichtet worden, vollständig vorgefunden.

§. 2168. Wir sehen hieraus, daß sich die Innenhaut der Gebärmutter schon mit mehr Blut füllt und theilweise auflockert, wenn noch der Blutfluß selbst nicht durchbrechen kann. Das Blut quillt später an einzelnen Stellen hervor. Man findet es dann in der Gebärmutterhöhle wenigstens nicht ganz frischer Leichen mit Blutgerinnseln vermischt. Man kann sich am Einfachsten vorstellen, daß manche Blutgefäße zerreißen und ihre Blutmasse ohne Weiteres entlassen. Die Anwesenheit von Blutkörperchen im Menstrualblute würde sich hiernach von selbst erklären. Manche Forscher dagegen glaubten eher vermuthen zu dürfen, daß sich die Porosität der Wände der Gefäßröhren so verändert, daß sie Blutkörperchen unmittelbar hindurchlassen.

Nachträgliche Ausschwitzung.

§. 2169. Hat die Blutung eine Zeit lang angehalten, so wird sie von einer Ausschwitzung abgelöst und nach und nach gänzlich verdrängt. Die allmählige Zunahme der Menge der Exsudatkörperchen und der farblosen verhältnißmäßig salzreichen Flüssigkeitsmasse bilden den äußeren Ausdruck dieser späteren Wechselerscheinungen. Die Ausschwitzung nimmt aber in der Folge ebenfalls ab. Die Entleerungsmasse wird dann vermuthlicher Weise deshalb schleimiger, weil die flüssige Absonderung Hornstoff auf ihrem Wege auflöst und sich die Beimischung schleimigter Absonderungsgebilde der Scheide nachdrücklicher geltend machen kann. Einzelne zufällige Epithelialblättchen, die von den äußeren Geschlechtstheilen stammen, kommen als fremdartige Gemengtheile zu jeder Zeit vor.

Losstoßung der Gebärmutterschleimhaut.

§. 2170. Wir werden in der Folge sehen, daß sich die inneren Schichten der Gebärmutterschleimhaut in dem Wochenbette losstoßen. Pouchet glaubt bemerkt zu haben, daß sich etwas Aehnliches nach dem Aufhören der Regeln zu wiederholen pflegt. Die in der zweiten Woche entfernten halb aufgelösten Bruchstücke der Schleimhaut bilden dann eine schleimigte Masse, deren Abgang den Schluß der Menstrualveränderungen anzeigt.

Bleichsucht.

§. 2171. Der eben betrachtete periodische Blutverlust gehört zu den wesentlichsten Lebensthätigkeiten des befruchtungsfähigen Weibes. Kann er in der Pubertätszeit nicht durchbrechen, bleibt er später der krankhaften Nebenbedingungen wegen aus oder fließt er in der Folge allzu sparsam, so erzeugt sich eine Reihe von Beschwerden, die man unter dem Namen der Bleichsucht oder der Chlorose zusammenfaßt. Eine blasse grünlich-gelbe Hautfarbe, blaue Ringe um die Augen, Abgeschlagenheit, Gemüthsverstimmungen und endlich mehr oder minder reichliche Wassersuchtergüsse machen sich dann immer nachdrücklicher geltend. Das Blut der Bleichsüchtigen enthält weniger Blutkörperchen, als das der gesunden Frauen. Das Eisen, das als Hauptmittel der Chlorose häufig gebraucht wird, beseitigt auch jenen Fehler der Blutmischung, wenn die Besserung fortschreitet. Die gesunde Frau liefert weniger Kohlensäure, so lange sie ihren periodischen Blutabgang darbietet (§. 823.). Fehlt dieser in Bleichsüchtigen, so steigt die Menge der Kohlensäure nach Hannover und Scharling, wenn auch die Zahl der Blutkörperchen mittlerer Weile beträchtlich abnimmt.

Verschließung des Gebärmuttermundes.

§. 2172. Ist der Gebärmuttermund (bei *c*, Fig. 428, S. 672.) krankhafter Weise verschlossen, so dehnt das Menstrualblut den Fruchthälter nach und nach aus. Der Unterleib gewinnt einen fast eben so bedeutenden Umfang, als der einer Frau, welche die Hälfte ihrer Schwangerschaft überschritten hat. Da aber der Widerstand der Gebärmutterwände den Eintritt neuen Menstrualblutes früher oder später beschränkt, so zeigen sich endlich chlorotische Leiden neben denjenigen Beschwerden, welche die regelwidrige Vergrößerung des Fruchthälters unmittelbar bedingt. Schneidet man die Verschlußstelle des Gebärmuttermundes auf,

so stürzt eine große Menge einer schwarzen, mit einzelnen Gerinnseln vermischten, fauligen und daher übel riechenden Blutmasse hervor. Gelingt es, den künstlichen Ausweg offen zu erhalten, so kehrt der Fruchthälter zu seiner regelrechten Größe und seiner gewöhnlichen Thätigkeit allmählig zurück. Die Bleichsucht hört daher von selbst auf.

Stellvertretende Menstruation.

§. 2173. Die monatliche Reinigung bildet nur ein äußeres Merkmal der durchgreifenden Veränderungen, welchen die inneren Geschlechtswerkzeuge nach den §. 2159 erwähnten Zeitabschnitten unterworfen werden. Fehlt sie, so kann sich die Natur durch andere Blutabgänge, durch Nasen- oder Lungenblutungen oder durch Blutbrechen zu helfen suchen. Diese sogenannte stellvertretende Menstruation hat sich auch bisweilen nach der Ausrottung der Gebärmutter eingefunden. Jede Spur von Regeln oder stellvertretenden Blutungen fehlt dagegen nach Roberts in den indischen Frauen, die durch die Entfernung der Eierstöcke castrirt worden. Mehrere europäische Aerzte bestättigten das Gleiche für diejenigen Fälle, in welchen die beiden Ovarien bei Gelegenheit anderer chirurgischer Operationen verloren gingen. Man hat jedoch auch einzelne ärztliche Erzählungen, nach denen die Regeln dessenungeachtet fortdauerten. Der Verlust oder die Zerstörung eines einzigen Eierstockes hebt die Menstruation nicht auf.

Periodischer Austritt der Eichen zur Brunstzeit.

§. 2174. Die neueren Untersuchungen haben mit Bestimmtheit nachgewiesen, daß die wichtigsten der die Brunst der Säugethiere begleitenden Veränderungen in den Eierstöcken zu Stande kommen. Man setzte früher voraus, daß erst die Einwirkung des Samens die Eichen aus ihren Follikeln heraustreten läßt (§. 2154.). Die gelben Körper (§. 2155.) müßten daher als ein sicheres Zeichen der vorangegangenen Befruchtung betrachtet werden. Die Beobachtungen von Duvernoy, Pouchet, Raciborski und vorzüglich von Bischoff lehrten aber, daß dieses nicht der Fall ist. Die lebhaftere Geschlechtsthätigkeit, die sich während der Brunstzeit geltend macht, bringt einen oder mehrere Follikel zur Reife. Diese Erscheinung bedingt es aber wiederum ihrerseits, daß die Eichen austreten und gelbe Körper nachträglich gebildet werden.

Aehnlichkeit der Brunst und der monatlichen Reinigung.

§. 2175. Die periodische Wiederkehr und der Blutabgang aus den Geschlechtswerkzeugen einzelner Säugethiere ließen schon manche frühere Forscher annehmen, daß die Menstruation der Frau der Brunst der Säugethiere entspricht. Das menschliche Weib würde daher nach je vier Wochen zu allen Jahreszeiten brünstig werden. Obwohl dieser Vergleich in neuerer Zeit im Wesentlichen bestättigt worden ist, so zeigen sich doch auch manche durchgreifende Unterschiede. Während die Geschlechtsgier der Säugethiere ihre größte Höhe zur Brunstzeit erreicht, weist im Gegentheil die menstruirende Frau den Beischlaf in der Regel zurück. Sie hat entweder gar keine Periode erhöhter Geschlechtserregung oder verräth diese höchstens kurze Zeit, nachdem die letzten Spuren der blutigen Monatentleerung aufgehört haben.

Verhalten der Eichen zur Menstruationszeit.

§. 2176. Der Gedanke, daß die monatliche Reinigung der Frau ein Parallelstück zur Brunst der Säugethiere bildet, führt zu der Vermuthung, daß ein oder mehrere Follikel ihre Eichen zur Menstruationszeit entlassen werden. Viele Forscher haben in der That einen geborstenen Follikel oder einen frischen gelben Körper in dem einen Eierstocke von Frauen, die kurz nach dem Ende der Regeln gestorben, aufgefunden. Einzelne Andere konnten keine entleerten Follikel unter ähnlichen Verhältnissen wahrnehmen. Es frägt sich aber, ob nicht das Lebensende in solchen Fällen zu früh eintrat, oder ob nicht die Geschlechtserregung nur die für den Menstrualfluß, nicht aber die für den Austritt der Eichen nöthige Höhe erreichte. Andere glaubten, daß gelbe Körper auch außerhalb der Menstruationszeit, in Kindern und in Matronen entständen, oder eine Art derselben, die wahren, in Folge der Regeln, und eine zweite, die falschen, aus anderen Ursachen gebildet werden. Es unterliegt keinem Zweifel, daß krankhafte Ernährungsverhältnisse die Follikel in Wasserblasen verwandeln oder Ausschwitzungen, die gelben Körpern und Narben gleichen, erzeugen können. Es ist aber nicht nachgewiesen, daß sich wahre gelbe Körper außerhalb der Menstruationszeit in den Eierstöcken von Kindern oder von Frauen, die nicht mehr befruchtungsfähig sind, unter regelrechten Verhältnissen hervorzubilden vermögen.

Uebergang der Eichen in die Tube und die Gebärmutter.

§. 2177. Die Eileiter oder die Fallopischen Röhren des Menschen (*f*, Fig. 428, S. 672.) und der meisten Säugethiere stehen in keiner unmittelbaren Verbindung mit den Eierstöcken (*e*, Fig. 428.). Ihr Hohlraum öffnet sich vielmehr in die Bauchhöhle. Eine Reihe von Franzen oder Fimbrien (*g*, Fig. 428.) findet sich an der erweiterten Ausgangsstelle, deren gezackter Rand mit dem Namen des Teufelsbisses bezeichnet wird.

§. 2178. Die Franzen (*g*, Fig. 428.) des Eileiters (*f*) umklammern den Eierstock, wenn sich das Eichen zu dem Austritte aus dem Follikel vorbereitet. Man hat bis jetzt die Ursache dieser eigenthümlichen Erscheinung noch nicht ergründen können. Da nicht bloß der Eileiter selbst, sondern auch das Gekröse, an dem er aufgehängt ist (links über *e*, Fig. 428.), einfache Muskelfasern enthalten, so könnte vielleicht die Thätigkeit jener Gebilde dem erwähnten Vorgange zum Grunde liegen. Das aus dem Follikel herausgetriebene Eichen (§. 2154.) fällt dann in den von den Franzen (*g*, Fig. 428.) umschlossenen Hohlraum. Es rückt von da in dem Eileiter (*f*) weiter fort und gelangt endlich in die Gebärmutter (*ab*), in welche jede der beiden Fallopischen Röhren (*f*) ihrerseits einmündet (*x*).

Mechanik der Fortbewegung der Eichen.

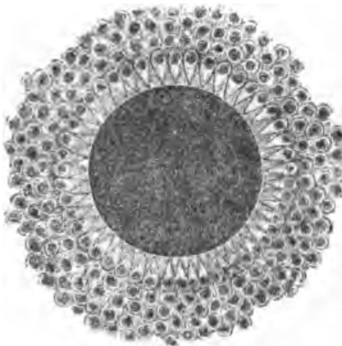
§. 2179. Sperrt man ein brünstiges Kaninchenweibchen allein ein, so daß die Begattung unmöglich wird, so kann man dessenungeachtet später mehrere der ausgetretenen mikroskopischen Eichen in den Eileitern oder den Gebärmutterhörnern vorfinden (§. 2154.). Da die Flimmerbewegung der inneren weiblichen Geschlechtswerkzeuge die Berührungskörper von innen nach außen treibt, so hat man in ihr möglicher Weise

ein Hilfsmittel der Fortbewegung der Eichen. Die peristaltische Verkürzung (§. 1297.) der Eileiter selbst könnte jene zarten Keimgebilde rascher weiter befördern.

Veränderung der nicht befruchteten Eichen.

§. 2180. Wir haben schon §. 2154 gesehen, daß nicht bloß das Eichen, sondern auch der helle Gürtel und die an ihrem Umkreise abgerissene Keimscheibe aus dem Follikel heraustreten. Trifft auch das Ganze keinen Samen auf seinem Wege an, so ändert es sich dessenungeachtet nach Bischoff, wie es Fig. 430 aus dem Kaninchen darstellt. Die zellenartigen Körper der Keimscheibe, welche an den Gürtel und das undurchsichtigere Eichen stoßen, ziehen sich spindelförmig aus. Die Dottermasse ballt sich später unregelmäßig zusammen, bis endlich Alles, wahrscheinlich durch allmählige Auflösung, gänzlich verloren geht.

Fig. 430.



Befruchtung.

§. 2181. Befruchtung. — Sie besteht in der gegenseitigen materiellen Berührung der beiden Arten von Keimstoffen oder der Absonderungen des Hodens und des Eierstockes, des reifen Samens und der bis zu einer gewissen Stufe fortgeschrittenen Eier. Die äußerliche Befruchtung der Fische und der Frösche (§. 2086.) führt schon zu dem Schlusse, daß die bloße Wechselwirkung jener Gebilde zur Embryonalentwickelung allein hinreicht. Die sogenannte künstliche Befruchtung läßt sich hiernach leicht erklären.

Künstliche Befruchtung.

§. 2182. Drückt man den Bauch eines brünstigen Fischweibchens zusammen, so strömen zahlreiche Eiermassen zur Geschlechtsöffnung heraus. Läßt man diese in Wasser fallen und wiederholt den zuerst genannten Versuch an einem brünstigen Männchen der gleichen Fischart, so hat man die künstliche Befruchtung eingeleitet. Die Eier entwickeln sich unter günstigen Verhältnissen so weit, daß die Jungen ausschlüpfen. Die gleichen Beobachtungen gelingen auch häufig an dem Samen und den Eiern der Frösche und an denen vieler wirbellosen Thiere. Hunter erzählt sogar einen Fall, in welchem eine Frau, nachdem man ihr männlichen Samen in die Scheide gespritzt hatte, schwanger wurde. Derselbe Versuch ist auch an Hunden mehrfach gelungen.

Samendunst.

§. 2183. Der Same und die Eier brauchen hierbei keineswegs von lebenden Thieren herzurühren. Beide müssen sich dagegen unmittelbar berühren. Der Same übt keine Wirkung in die Ferne aus. Der sogenannte Samendunst (Aura seminalis), den frühere Forscher häufig annahmen, der von dem Samen aufsteigen, entfernt gelegene Eier erreichen und diese befruchten sollte, ist in der Wirklichkeit nicht vorhanden. Aeußerst kleine Samenmengen, die einer passenden Flüssigkeit beigemengt werden, reichen dagegen hin, eine große Masse von

Eiern auf dem Wege der unmittelbaren Berührung zur Embryonalentwickelung anzuregen. Wir haben hier Einflüsse von Minimalquantitäten, welche den Vergleich mit jeder anderen Contactwirkung (§. 299.) siegreich aushalten können.

§. 2184. Die Beweglichkeit der Spermatozoiden scheint meistentheils (§. 2126.) ein Hauptbedingungsglied der Befruchtung zu bilden. Führt der Same gar keine Samenfaden oder haben diese ihre Regsamkeit eingebüßt, so kann er auch die Eier zur regelrechten Fortentwickelung nach den Angaben der meisten Forscher nicht erregen. Man hat daher auch den Grund der Impotenz einzelner Männer darin gesucht, daß ihre Hoden keinen mit beweglichen Samenkörpern versehenen Samen bereiten könnten. Die neueren Forscher, wie Prevost, Dumas und Schwann stimmen darin überein, daß sich verdünnter filtrirter Froschsame, der keine Spermatozoiden mehr einschließt, zur Befruchtung nicht eignet. Spallanzani will dagegen auch die Embryonalentwickelung mit bloßer Samenflüssigkeit zu Stande gebracht haben. Verhältnisse der Spermatozoiten.

§. 2185. Die Einwirkung des Samens verleiht zunächst dem Ei die Fähigkeit, seine einzelnen Theile unter begünstigenden äußeren Nebenverhältnissen nach und nach so zu verändern, daß endlich ein selbstständiges neues Geschöpf früher oder später zum Vorschein kommt. Da aber dieses häufig das Gepräge des Vaters an sich trägt, so folgt, daß die Samenmasse die Richtung der Veränderungen, welche die Eitheile erleiden, durchgreifend bestimmen hilft. Die Bastarde, d. h. diejenigen Wesen, in denen die beiderlei Befruchtungsmassen zwei verschiedenen, aber verwandten Arten angehören, können das Gleiche bekräftigen. Nachwirkung des Samens.

§. 2186. Man hat bis jetzt die Ursache, weshalb die Samenmasse in die Schicksale der Eigebilde bestimmend eingreift, noch nicht ergründen können. Manche Forscher leiten die Wirkung von den Spermatozoiden unmittelbar her, weil diese Gewebtheile eigenthümliche Formen in den verschiedenen Geschöpfen darbieten und in einzelnen Samenarten der Polypen und der Eingeweidewürmer fast ausschließlich und ohne irgend eine Grundflüssigkeit vorhanden zu sein scheinen. Was nun das Letztere betrifft, so ist immer wenigstens eine Minimalmenge von Flüssigkeit in allen thierischen Theilen vorhanden. Sie wird daher wohl auch dem Samen nie fehlen. Eine zweite Thierart, welche die gleichen Formen der Spermatozoiden darbietet, eignet sich auch oft nicht zur künstlichen Befruchtung oder zur Bastarderzeugung einer ersten. Läßt man aber selbst dieses bei Seite, so wird man zugeben, daß sich die gegenwärtigen Kenntnisse noch nicht eignen, eine irgend klare Hypothese, wie die Samenkörper unmittelbar einwirken könnten, aufzustellen. Es müßten hier noch völlig unbestimmbare Einflüsse thätig sein. Wirkungsweise des Samens

§. 2187. Eine zweite Ansicht, welche eine deutlichere Vorstellung wenigstens jetzt schon möglich macht, läßt die Samenflüssigkeit in das Ei endosmotisch (§. 129.) eindringen. Die Contactwirkung (§. 299.)

von Minimalmengen seiner Bestandtheile giebt den Anstoß zu der ferneren Ausbildung der Eitheile. Die Folgen des Erregungskörpers, des befruchtenden Samens, können sich daher in den Gestaltverhältnissen des neuen Wesens nachdrücklich verrathen (§. 8.).

§. 2188. Die Beweglichkeit der Spermatozoiden ist dabei unter zweierlei Gesichtspunkten aufgefaßt worden. Man nahm an, daß sie nur den sichtlichen Ausdruck der fortwährenden inneren Molecularveränderungen, welche die Fähigkeit der Contactwirkung erzeugt (§. 2183.), darstellt. Eine zweite Hypothese hingegen fußt auf dem Vergleiche mit manchen Eigenschaften der unorganischen Verbindungen. Einzelne Lösungen bleiben nur so lange unverändert, als sie in fortwährender Bewegung erhalten werden. Die Unruhe der Spermatozoiden könnte die nöthige Mischung der Samenflüssigkeit in ähnlicher Weise bewahren helfen.

Begattung. §. 2189. Die Begattung bildet nur das von der Natur gewählte Auskunftsmittel, um die beiderlei Zeugungsmassen in Berührung zu bringen. Die mit ihr verbundenen Nebenverhältnisse dienen aber zu gleicher Zeit zur Sicherung der Fortpflanzungsthätigkeit. Da diese Function zu den unerläßlichen Bedürfnissen der Thiere nicht gehört und ihnen daher an und für sich gleichgültiger ist, so bilden die Wollustgefühle, welche die Begattung zu begleiten pflegen, den Köder, den die Natur zur Erreichung ihres Hauptzweckes, nämlich der Arterhaltung, ausgeworfen hat. Die Empfindungseindrücke führen dann noch zu manchen Reflexerscheinungen, welche die Hauptveränderung, die Fortbeförderung des Samens zum Ei, wesentlich begünstigen.

§. 2190. Die Steifung der Ruthe bildet kein nothwendiges Bedingungsglied des Samenergusses (§. 2140.). Die Befruchtung des Eies (§. 2182.) kann daher auch ohne sie zu Stande kommen. Die Begattung vermag ebenfalls noch selbst mit halberschlafftem Penis vollzogen zu werden. Die Erection begünstigt aber diesen Act in wesentlicher Weise. Sie liefert Nebenbedingungen, welche die Befruchtung selbst erleichtern können.

§. 2191. Die umfangreicher und härter gewordene Ruthe füllt das Scheidenrohr vollständiger aus. Die Hautbezirke, von denen die Wollustgefühle ausgehen, können dann desto nachdrücklicher an den weichen, mit Schleim überzogenen Flächen der weiblichen Geschlechtswerkzeuge hin und her gleiten. Diese sensiblen Eindrücke erzeugen nach Kobelt Wechselkrämpfe der Harnschneller (Bulbo-cavernosi) auf reflectorischem Wege (§. 1937.). Jene Muskeln drücken dabei auf die Schwellgewebe der Harnröhrenzwiebel (*a'*, Fig. 424, S. 666.), treiben das Blut derselben weiter hinab und bedingen es auf diesem Wege, daß der Umfang der Ruthe und vor Allem der der Eichel noch mehr zunimmt.

§. 2192. Die weiblichen Geschlechtswerkzeuge ändern sich ebenfalls unter dem Einflusse der Wollusterregungen. Der Kitzler, die inneren Schaamlefzen und die benachbarten Stellen der Seitenwände enthalten

Schwellgewebe, deren Bau mit dem der cavernösen Körper der Ruthe übereinstimmt. Schlüpferige Geisteseindrücke können daher diese Theile zur Steifung bringen. Da überdies die Scheidenwände einfache Muskelfasern und außerdem noch einen mit quergestreiften Fasern versehenen Scheidenschnürer (Constrictor cunni) besitzen, so vermag sich das Rohr selbst anhaltend zusammenzuziehen oder seine Querdurchmesser abwechselnd zu verändern. Die reichlichere Schleimabsonderung bedingt es, daß die Reibung gemildert und daher eine feinere Wollustempfindung in beiden Geschlechtern angeregt wird. Nur die ersten Beischlafsversuche pflegen schmerzhafter auszufallen, weil hier der Stoß der Ruthe das Jungfernhäutchen oder das Hymen (unter *z*, Fig. 85, S. 139.) zerrt oder gewaltsam einreißt. Die Faltenreihen, welche die Scheide verheiratheter Frauen darbietet, können die Reibungsverhältnisse merklich begünstigen.

§. 2193. Die mechanische Erregung des Scheidenrohres führt wahrscheinlich auch zu Reflerbewegungen in den inneren und den mittleren Bezirken der weiblichen Geschlechtswerkzeuge. Die Gebärmutter stellt sich vermuthlicher Weise gerader und kommt dabei etwas tiefer in das Becken hinab. Der Muttermund wird rundlicher und öffnet sich vielleicht von Zeit zu Zeit. Alle diese Veränderungen können den Uebergang des Samenstrahles in die Fruchthälterhöhle nur begünstigen. Sollten sich zugleich die Fallopischen Röhren (*f*, Fig. 428, S. 672.) in der Richtung von dem Eierstocke (*e*) nach dem Uterus (*ab*) zusammenziehen, so könnte das früher ausgetretene Eichen rascher als durch den Flimmerstrom der Schleimhaut fortgeschoben werden (§. 2179.). Samen und Ei werden dann um so eher zusammentreffen.

§. 2194. Oeffnet man den Leichnam eines Säugethieres, das einen oder mehrere Tage vorher begattet worden, so kann man die Samenmasse nicht bloß in den Körper und den Hörnern des Fruchthälters, sondern auch in den Eileitern und auf der Oberfläche des Eierstockes antreffen. Die Spermatozoiden bewegen sich noch dann auf das Lebhafteste. Sie können ihre Regsamkeit eine Woche und wahrscheinlich noch länger in den weiblichen Geschlechtswerkzeugen beibehalten. Viele Insekten führen sogar in dieser Hinsicht zu weit größeren Zeiträumen. Die Eichen treten hier bedeutend später, als die Begattung vollführt wird, aus. Die Weibchen haben deshalb einen eigenen Nebenbehälter (Bursa copulatrix), in welchem die beweglichen Samenelemente, bis endlich die Eichen an ihnen vorübergehen, aufbewahrt werden. Die Regsamkeit der Spermatozoiden erhält sich dabei Monate lang unversehrt. Fortgang der Samenmasse.

§. 2195. Da die Flimmerbewegung der inneren weiblichen Geschlechtswerkzeuge ihre Berührungskörper von innen nach außen treibt (§. 1203.), so könnte sie die Samenmasse der Säugethiere und des Menschen nur dann, wenn ihre Richtung plötzlich in die entgegengesetzte Bahn umschlüge, zweckmäßig vorwärts führen. Die Wurmbewegungen des Fruchthälters und des Eileiters vermöchten ein rasches und kraftvolles Mechanik der Fortbewegung der Samenmasse.

Beförderungsmittel darzubieten. Da aber die Samenelemente der Kaninchen z. B. mindestens sechs Stunden nöthig zu haben scheinen, um in die Eileiter überzugehen und diese selbst späterhin ebenfalls nur langsam durchsetzen, so darf man schließen, daß jedenfalls keine stürmischen Bewegungen des Uterus und der Fallopischen Röhren den Samen rasch weiter führen. Manche Forscher haben deshalb auch angenommen, daß die Spermatozoiden die inneren Bezirke der Geschlechtswerkzeuge mittelst ihrer eigenen Bewegungskraft selbstständig aufsuchen.

Ort der Befruchtung. §. 2296. Man darf nach dem früher Dargestellten vermuthen, daß der Ort, an welchem die Befruchtung, d. h. die wechselseitige Berührung von Same und Ei zu Stande kommt, von zufälligen Nebenverhältnissen abhängen wird. Sind die früher ausgetretenen Eichen (§. 2176.) bis zu dem Eileiter (*f*, Fig. 428.) oder der Gebärmutterhöhle vorgerückt, so werden sie der Samenmasse eher begegnen, als wenn sie den Follikel zur Zeit der Begattung noch nicht verlassen haben. Da aber der Same des Hundes bis zur Oberfläche des Eierstockes vorzudringen vermag (§. 2194.), so darf man vermuthen, daß auch die Eichen unmittelbar nach dem Austritte aus dem Follikel befruchtet werden können.

Günstige Befruchtungszeit. §. 2297. Die Eichen, welche den Eierstock verlassen und keinen Samen angetroffen haben, gehen nach einiger Zeit, wie §. 2180 angegeben worden, allmählig zu Grunde. Viele Beobachter glaubten annehmen zu können, daß diese Thatsache die Epoche der Befruchtungsfähigkeit der Frau wesentlich bestimmt. Das Eichen trete nur in Folge der Menstrualverhältnisse aus. Es könne dann in der ersten folgenden Woche, nicht aber späterhin befruchtet worden. Der Beischlaf würde daher nur 8 oder höchstens 12 Tage nach dem Ende der monatlichen Reinigung seinen wahren Zweck erreichen können.

§. 2198. Die Erfahrungen mancher Geburtshelfer sprechen allerdings dafür, daß jener Zeitabschnitt die Möglichkeit der Schwangerschaft wesentlich begünstigt. Man darf aber mit Recht in Abrede stellen, daß Begattungen, welche in die letzten 14 Tage der Menstruationspause fallen, nothwendiger Weise fruchtlos bleiben. Mehrere Nebenverhältnisse können in dieser Hinsicht wesentlich eingreifen. Man vermag sich zunächst vorzustellen, daß ein später ausgetretenes Eichen seine Entwickelungsfähigkeit länger als 12 Tage nach dem Aufhören der Regeln beibehält. Es wäre sogar möglich, daß die Begattung oder die Berührung der Samenmasse den Austritt eines Eichens aus einem möglichst reifen Follikel nachträglich anregt. Der bis zu den Eileitern fortgeschrittene Samen könnte aber vielleicht noch seine Kraft bewahren, wenn selbst eine zweite Menstruation einige Tage nach der Begattung eingetreten wäre. Die kurzen Zwischenpausen der Brunst des menschlichen Weibes würden auf diese Weise eine Reihe von Scheinanamolien zu Tage fördern.

Endschicksal der Spermatozoiden. §. 2199. Man hat in Säugethieren häufig bemerkt, daß noch ein Ei, welches schon seine Keimscheibe verloren (§. 2151.) und sich bis zu einem gewissen Grade weiter entwickelt hatte, von zahlreichen Spermato=

zoiden umspült wurde. Fig. 431 zeigt dieses z. B. aus dem Kaninchen nach einer von Bischoff gegebenen Darstellung. Das Ei war hier so weit vorgeschritten, daß es die später zu erwähnende Dotterdrehung darbot. Die Angabe, daß ein Samenfaden durch einen Spalt des Gürtels (*e*, Fig. 429.) weiter vordringt, oder daß er selbst die unmittelbare Grundlage des neuen Wesens oder des Nervensystemes desselben bildet, hat sich in späteren Untersuchungen nicht bewährt. Man vermißt endlich nach einiger Zeit alle sichtlichen Samenspuren in oder an den weiter fortgeschrittenen Eigebilden.

Fig. 431.



§. 2200. Schwangerschaft. — Da der Embryo des Menschen und der Säugethiere in dem Fruchthälter entwickelt wird, so muß sich dieser mit dem Wachsthume des neuen Wesens und der ihm nothwendigen Nebengebilde allmählig vergrößern. Er dehnt sich dabei nicht bloß einfach aus, sondern erleidet auch eine Reihe tiefer greifender Veränderungen, die wir theils hier, theils aber auch erst bei der Betrachtung der Eihüllen kennen lernen werden. Vergrößerung der schwangeren Gebärmutter.

§. 2201. Es kommt unter krankhaften Verhältnissen vor, daß das Ei des Menschen nicht in die Gebärmutterhöhle gelangt, sondern an einem anderen Orte vollständig oder bis zu einem gewissen Grade ausgebildet wird. Man hat dabei vier verschiedene Arten dieser Extrauterinalschwangerschaft, die Eierstocks- oder Ovarial-, die Eileiter- oder die Tuben-, die Bauch- oder die Abdominal- und endlich die Zwischenraum- oder die Interstitialschwangerschaft zu unterscheiden gesucht. Das Ei und der Embryo sollten sich bis zu einem gewissen Grade in der Masse des Eierstockes bei der Ovarialschwangerschaft ausbilden. Man erklärte die Bauchschwangerschaft daraus, daß die Eileiterfranzen (*g*, Fig. 428, S. 672.) den Eierstock (*e*) in dem Augenblicke des Austrittes des Eichens nicht umfaßten (§. 2178.). Dieses sei daher in die Bauchhöhle gefallen und habe sich an die tiefste Stelle zwischen Gebärmutter und Mastdarm (*w* und *y*, Fig. 9, S. 35.) gesenkt, um sich hier weiter zu entwickeln. Die Tubenschwangerschaft rührt davon her, daß das Ei nicht bis zu dem Fruchthälter vorgedrungen, sondern in dem Eileiter liegen geblieben ist. Die Interstitialschwangerschaft bestehe endlich darin, daß der Embryo und die Nebentheile desselben in einer Lücke der Wandungen der Gebärmutter entstanden sind. Schwangerschaft außerhalb der Gebärmutter.

§. 2202. Die nähere Prüfung der Verhältnisse macht es in höchstem Grade wahrscheinlich, daß alle erwähnten Schwangerschaftsarten, so weit sie überhaupt vorkommen, immer nur aus Tubenschwangerschaften hervorgehen. Es ereignet sich nämlich bisweilen, daß das Ei nicht bis zur

Gebärmutter vordringt. Es wächst dann zwei oder drei Monate lang in dem Eileiter fort. Seine Umfangszunahme dehnt diesen nach und nach so sehr aus, daß er endlich an einer Stelle einreißt. Eine tödtliche Blutung begleitet häufig diese Verletzung. Die Leichenöffnung liefert daher in diesem Falle das reine Bild einer Tubenschwangerschaft. Man findet dagegen auch, daß die Embryonalentwickelung nicht so frühzeitig gehemmt wird und die Mutter die endliche Zerreißung der Umhüllungsmasse zu überleben vermag. Man kann dann in sehr seltenen Fällen bemerken, daß der Sack, der einen fortgeschritteneren Fötus einschließt, in dem Bauchraume oberhalb der Gebärmutter, zwischen dieser und der Nabel- oder der Magengegend ($v \eta \vartheta s$, Fig. 85, S. 139.), liegt und durch mannigfache Ausschwitzungen mit den benachbarten Eingeweiden verbunden wird. Die Frucht sinkt dagegen nach der Berstung bei Weitem häufiger zwischen die Gebärmutter und den Mastdarm (w und y, Fig. 85.) ihrer Schwere gemäß herunter. Sie kann hier Jahre lang verweilen, zuletzt einschrumpfen und ein sogenanntes Steinkind oder ein Lithopädion bilden. Sie erzeugt oft erst nach Jahren Entzündung und Eiterung. Es entstehen Abscesse und Fistelgänge im Mastdarme oder in der Nachbarschaft derselben. Einzelne Fötusknochen werden dann durch jene Eitergänge von selbst oder mit Hilfe der Zange des Wundarztes entleert. Diese Erscheinungsreihen bedingen die sogenannten Bauchschwangerschaften.

§. 2203. Wahre Eierstocksschwangerschaften, in denen ein irgend umfangreicher Embryo erzeugt worden, kommen wahrscheinlich nie vor. Was man für Ovarialschwangerschaften ausgegeben hat, waren vermuthlich nur Tubenschwangerschaften, in denen der Eisack in der Nähe der Bauchmündung des Eileiters (zwischen f und g, Fig. 428.) lag und mit dem Eierstocke nur nachträglich auf dem Wege der Ausschwitzung verbunden wurde. Die Interstitialschwangerschaften endlich kommen dadurch zu Stande, daß das Eichen an der Uebergangsstelle des Eileiters in die Gebärmutter (x, Fig. 428, S. 672.) haften geblieben ist und sich dort blasig vergrößert hat.

Ueberfruchtung

§. 2204. Man hat vielfach behauptet, daß eine Frau, die schon mehrere Monate schwanger ist, abermals befruchtet werden könne. Sie gebäre daher zwei Mal ein reifes Kind im Laufe von einigen Monaten. Wir werden in der Folge sehen, daß das Ei die gesammte Gebärmutterhöhle schon in den ersten Monaten der Schwangerschaft vollständig ausfüllt. Es könnte daher eine neue Befruchtung, eine sogenannte Ueberfruchtung oder Superfötation, nur unter den regelwidrigsten Verhältnissen zu Stande kommen. Die Entwickelung des zweiten Eies stieße auf noch größere Schwierigkeiten. Man darf daher mit Recht annehmen, daß eine Ueberfruchtung nach einer mehrmonatlichen Zwischenpause bei der Anwesenheit einer normalen einfachen Gebärmutter nicht möglich ist. Viele Forscher glaubten daher, daß die Frauen, die ein reifes Kind einige Monate nach ihrer ersten Niederkunft zur Welt brachten, einen doppel-

ten oder einen zweikammerigen Uterus regelwidriger Weise besessen haben. Dieser Vermuthung steht aber eine neue Schwierigkeit entgegen. Die Menstruation pflegt während der Schwangerschaft auszubleiben. Sollte dann der selbstständige Austritt der Eichen ebenfalls wegfallen (§. 2176.), so ließe sich die zweite Befruchtung nicht erklären. Da die in der Litteratur verzeichneten Fälle angeblicher Ueberfruchtungen allen Foderungen der Kritik keineswegs Genüge leisten, so wird jedenfalls erst die Zukunft mit Sicherheit entscheiden können, ob eine Superfötation wahrhaft vorkommt oder nicht. Man darf dabei übrigens nicht übersehen, daß ausnahmsweise eins von zwei Zwillingskindern beträchtlich später als das andere geboren wird.

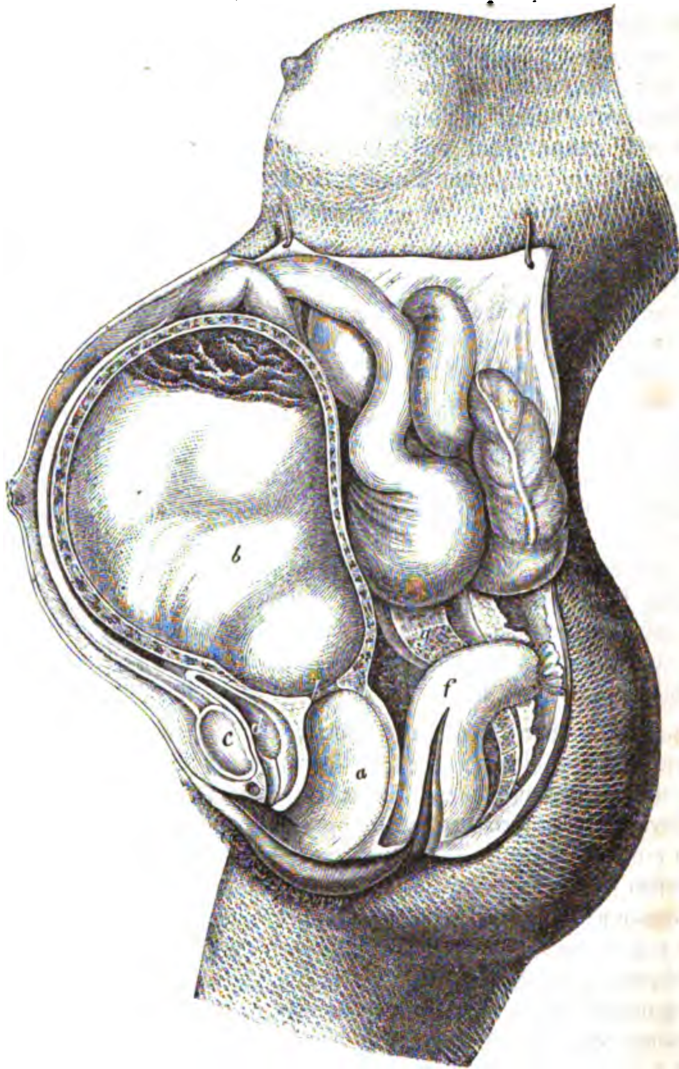
§. 2205. Uebelkeiten und Erbrechen verrathen in einzelnen Frauen den ersten Anfang der Schwangerschaft. Diese Beschwerden, die oft genug gänzlich ausbleiben oder sich nur in den ersten Schwangerschaften der Frau geltend machen, dauern bisweilen Monate lang trotz aller Heilmittel fort. Sie pflegen dann erst in der letzten Hälfte der Schwangerschaft von selbst aufzuhören. Schwangerschaftszeichen.

§. 2206. Die Regeln fehlen meistentheils während der ganzen Schwangerschaftszeit. Die Frauen berechnen daher häufig die Zeit der Empfängniß und die der späteren Niederkunft nach dem Termine, zu welchem ihre monatliche Reinigung zuerst ausgeblieben ist. Man stößt jedoch hierbei auf einzelne verschiedenartige Abweichungen. Die Menstruation kann noch ein oder selbst mehrere Male nach dem wirksamen Beischlafe wiederkehren. Man hat auch Fälle mitgetheilt, in denen sie während der ganzen Schwangerschaft anhielt oder angeblich nur während dieses Zustandes, nicht aber außerdem zum Vorschein kam.

§. 2207. Die Gebärmutter, deren Umfang mit der Vergrößerung des Eies stetig zunimmt, sinkt im Anfange der Schwangerschaft etwas tiefer in das Becken hinab. Sie geht späterhin wiederum in die Höhe, überschreitet jedoch nicht den Bezirk der Beckenhöhle (v, Fig. 85, S. 139.) in den ersten Monaten. Ihr Grund erreicht die Nabelgegend (ϑ, Fig. 85.) im sechsten und die Herzgrube (*t*, Fig. 85.) im neunten Mondsmonate der Schwangerschaft. Er steigt dann wieder im zehnten etwas tiefer hinab, so daß er die Fig. 432 (s. f. S.) angedeutete Gegend erreicht. *a* ist hier die Scheide, *b* die Gebärmutter, in welcher das Kind durch die Eitheile durchschimmert, während man oben am Grunde den Fruchtkuchen erkennt. *c* bezeichnet die Gegend der Schaambeinsymphyse, *d* die Harnblase, *e* den Nabel, *f* den Mastdarm und *g* den Bezirk des Vorgebirges oder die Grenze der Lenden- und der Heiligbeinwirbel. Man sieht zugleich, wie die vergrößerte Gebärmutter die Bauchdecken vortreibt, die entgegenstehenden Unterleibseingeweide verdrängt und die Blase, den Mastdarm und die großen Gefäße des Unterleibes beengen kann. Das unwillkührliche Harnlassen bei dem Husten oder Niesen, die Stuhlbeschwerden, die Blutaderknoten an den Schenkeln, die Schmerzen in den Beinen Veränderungen der Gebärmutter.

und manche andere Leiden, die bei schwangeren Frauen häufig angetroffen werden, erklären sich einzig und allein aus diesen Verhältnissen.

Fig. 432.



§. 2208. Die hochschwangere Gebärmutter nimmt nach Levret mehr wie 500 Mal so viel Raum, als der noch nicht geschwängerte Fruchthälter ein. Ihre Schwere wächst dagegen in einem verhältnißmäßig geringerem Maaße. Die mechanische Ausdehnung greift daher neben einer wenigstens theilweisen Massenvergrößerung wesentlich ein.

Die Blutgefäße nehmen während der Schwangerschaft an Umfang und Zahl zu. Einfache, zum Theil sehr große Muskelfasern lassen sich dann in dem schwangeren Fruchthälter leichter, als in dem jungfräulichen Uterus nachweisen. Der allgemeine Nervenverlauf scheint sich nicht wesentlich zu verändern. Einzelne Forscher glauben jedoch, eine Zunahme der Menge der grauen Nervenelemente (§. 1765.) beobachtet zu haben.

§. 2209. Während die vordere Lefze des Gebärmuttermundes (*c*, Fig. 428, S. 672.) in der Jungfrau tiefer hinabzuragen pflegt, stehen häufig beide Lippen in ungefähr gleicher Höhe schon in den ersten Schwangerschaftszeiten. Sie schwellen später deutlicher an, werden bogenförmiger und erzeugen daher eine rundlichere Form des Gebärmuttermundes. Der Scheidentheil des Fruchthälters (über *z*, Fig. 85, S. 139.) verkürzt sich am Ende der Schwangerschaft immer mehr, weil ein größerer Bezirk des Uterus für die Eigebilde und das Kind in Anspruch genommen wird. Der innere und der äußere Gebärmuttermund fallen daher zuletzt fast in die gleiche Querebene (*h*, Fig. 432, S. 688.). Alle diese Erscheinungen können in Erstgebärenden am Deutlichsten wahrgenommen werden.

Folgen der Einwirkung des Samens.

§. 2210. Embryonalentwickelung. — Das reife Ei der thierischen Wesen besteht aus einer berechneten Anhäufung flüssiger und fester Gewebtheile, die sich unter dem Einflusse äußerer Nebenverhältnisse leicht verändern. Der Wechsel des Aufenthaltsortes bedingt es daher, daß das selbstständig ausgetretene Säugethierei manche Entwickelungserscheinungen, selbst wenn es nicht befruchtet worden, darbieten kann (§. 2180.). Der die Befruchtung einleitende Same wirkt aber in dieser Hinsicht in doppelter Weise. Er erhöht die Veränderlichkeit der Eibestandtheile und verleiht ihnen die Fähigkeit, eine Reihe sich wechselseitig bedingender Kettenglieder, die mit der Erzeugung des neuen Thieres schließen (§. 8.), hervorzubringen. Er bestimmt aber zu gleicher Zeit die Richtung der Ausbildung und drückt hierdurch den sichtlichen Stempel seiner eigenen Individualität dem neuen Geschöpfe auf. Die Aehnlichkeit, welche der Nachkomme und der Vater häufig verrathen, rührt von diesem Nebeneinflusse des Samens her (§. 2185.).

Einfluß der Wärme auf die Embryonalentwickelung.

§. 2211. Die Wärme, welche die Massen ausdehnt und auflockert und eine so bedeutende Rolle in den meisten chemischen Veränderungen übernehmen kann, bildet häufig ein wesentliches Bedingungsglied der Embryonalentwickelung. Die Eigenwärme des Menschen und der Säugethiere (§. 1158.) liefert schon unmittelbar die nöthigen Temperaturgrade. Die Vögel dagegen müssen in dieser Hinsicht den Eiern durch die Bebrütung nachhelfen. Die Gefäße desjenigen Unterleibstheiles einer Henne, der die Eier bei dem Brüten deckt, entwickeln sich dann in bedeutenderem Grade. Sie bilden hierbei ein sogenanntes Brütorgan, dessen reichlichere Blutmasse mehr Wärme liefert (§. 1177.) und die höhere Temperatur trotz der äußeren Wärmeverluste gleichförmiger erhalten kann. Der die Eier beschützende Körperbezirk der größeren Schlan-

gen zeigt ebenfalls eine merkliche Wärmeerhöhung während der Dauer der Brutzeit. Der günstige Einfluß der Wärme kann sich aber selbst da, wo er an und für sich zur Entwickelung minder nothwendig ist, immer noch geltend machen. Läßt man eine Reihe von Hechteiern in einem warmen und eine zweite in einem sehr kalten Zimmer stehen, so kann es vorkommen, daß die Jungen der zweiten Abtheilung noch einmal so spät als die der ersten ausschlüpfen.

Künstliche Ausbrütung.

§. 2212. Es ist für die Bebrütungserscheinungen im Wesentlichen gleichgültig, ob die nöthige Wärme von einem Thiere geliefert wird oder von einer anderen Quelle herrührt. Man kann daher befruchtete Vogeleier in einer Brütmaschine, d. h. in einer Vorrichtung, in welcher eine gleichförmige Temperatur von ungefähr 35° bis 38° C. fortwährend unterhalten wird, künstlich ausbrüten.

Nahrungsbedürfniß des Keimes.

§. 2213. Sollen die Elemente des Eies den Embryo allmählig entwickeln, so müssen sie mit gewissen äußeren Stoffen in Wechselwirkung treten. Erst diese gegenseitige materielle Wirkung bedingt es, daß sich die nothwendigen Reihen der Keimstoffe, der Zellen oder der anderen Theile und zuletzt die Gruppen der bleibenden Gewebe hervorbilden. Wir stoßen daher auf ein entschiedenes Nahrungsbedürfniß schon in den ersten Augenblicken der Embryonalentwickelung. Die äußere Kalkschale, das Eiweiß und die Dottermasse oder das Gelbe des Vogeleies dienen zum Theil den eben erwähnten Zwecken. Die umgebende Atmosphäre liefert nur noch den zur Ausbildung des neuen Wesens nöthigen Sauerstoff. Viele Eier, die sich im Wasser entwickeln, können noch andere Verbindungen aus diesem beziehen. Obgleich ein Dotter und Eiweißmassen denjenigen Geschöpfen, die lebend zur Welt kommen, ebenfalls zu Gebote stehen, so liefern ihnen doch die Säfte der Mutter, in deren Innerem sie ausgebrütet werden, die reichlichste Nahrungsquelle.

Unpassende Ernährung des Keimes.

§. 2214. Der Mangel der nöthigen Mengen passender Ernährungsstoffe tödtet viele Eier und Keime in kurzer Zeit. Man findet aber auch in Einzelfällen, daß jener Uebelstand die Entwickelung nur zurückhält oder theilweise regelwidrig verändert, nicht aber den Untergang des neuen Geschöpfes nothwendiger Weise herbeiführt. Eine möglichst sparsame Nahrung kann es z. B. bewirken, daß die Froschlarven auf der früheren Entwickelungsstufe der Kaulquappe mehrere Monate hindurch stehen bleiben. Einer der beiden Zwillingsfötus erscheint nicht selten auffallend abgemagert.

Verschwinden des Keimbläschens.

§. 2215. Das Keimbläschen (*c*, Fig. 411, S. 649, und *g*, Fig. 429, S. 672.), das ein wesentliches Merkmal des unbefruchteten Eies bildet, kann später, wenn die Embryonalentwickelung begonnen hat, nicht mehr wahrgenommen werden. Man hat aber die verschiedensten Hypothesen über die Endschicksale dieses merkwürdigen Theiles aufgestellt. Die Annahmen, daß sich das Bläschen abplattet und in ein dünnes Häutchen verwandelt oder die Keimflecke (*d*, Fig. 411, und *h*, Fig. 429, S. 672.) mit Tochterzellen, die den neuen Keim zusammensetzen, umringen können, haben

sich in späteren Untersuchungen nicht bestättigt. Das Gleiche gilt von einer anderen Vorstellung, nach welcher das Keimbläschen platzen und sich die Keimflecke in der übrigen Dottermasse (*a*, Fig. 411, und *f*, Fig. 429.) zerstreuen sollen, um die Kerne der später zu erwähnenden Furchungszellen darzustellen. Manche Forscher haben angenommen, daß das Keimbläschen der Schnecken zur Dottermasse heraustritt und hier zu Grunde geht. Die Ueberreste der Keimflecke erhielten sich in der Form einiger kleiner Bläschen, welche in der den Dotter umgebenden Eiweißmasse später angetroffen würden. Aehnliche rundliche Körperchen kommen auch zwischen der Dottermasse und dem durchsichtigen Gürtel des Säugethiereies vor. Man erkennt sie z. B. in der Fig. 431, S. 685 gegebenen Darstellung des Kanincheneies.

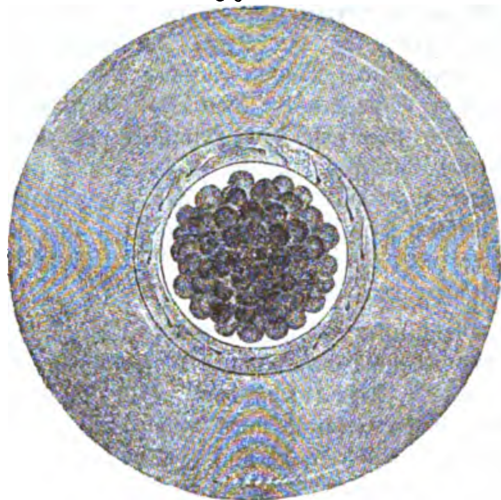
§. 2216. Die meisten bis jetzt bekannten Thatsachen scheinen anzudeuten, daß das Keimbläschen platzt und seinen Inhalt in die übrige von der Dotterhaut (*b*, Fig. 411 und Fig. 412, S. 649.) umschlossene Masse mehr oder minder ergießt. Die unmittelbare Einwirkung dieser fremdartigen Beimischung regte dann die Keimgebilde des Dotters zu einer Reihe neuer Veränderungen, zu einem Wechsel der Formverhältnisse und der Atomengruppirung an. Die Dottertheilung oder die Dotterfurchung bildet die erste auffallendere Folge dieses von dem Inhalte des Keimbläschens ausgehenden Anstoßes. Die Schicksale der früheren Keimflecke dagegen müssen vorläufig noch dahingestellt bleiben.

§. 2217. Das Eierstocksei (*f*, Fig. 429, S. 672.) enthält eine runde Dottermasse. Die Dotterfurchung, die Dottertheilung oder die Dotterzerklüftung fängt z. B. in dem Kaninchen oder dem Hunde damit an, daß gewisse Einschnürungen den früher rundlichen Dotter in zwei ebenfalls rundliche Hauptmassen trennen. Jede von diesen sondert sich dann wiederum in zwei Abschnitte, so daß man im Ganzen vier hat. Die Trennung schreitet später in ähnlicher Art weiter fort, bis endlich der gesammte Dotter einer Maulbeere gleicht. Fig. 433 (s. f. S.) soll diese Entwickelungsstufe des Kanincheneies nach einer von Bischoff gegebenen Zeichnung klar machen. Da die Größe der einzelnen Kugeln mit der Menge derselben immer mehr abnimmt, so erscheint zuletzt wiederum die Dotteroberfläche unter schwachen Vergrößerungen fast vollkommen glatt. Nur die unter dem Mikroskope erkennbaren Zellen bilden das Endergebniß der immer weiter fortgeschrittenen Sonderungen der Eitheile. Furchung des Eies.

§. 2218. Da der eben erwähnte Vorgang in der ganzen Außenmasse des Dotters durchgreift, so nennt man ihn auch die allgemeine oder totale Dotterfurchung. Sie kommt nicht bloß in den Säugethieren, sondern auch in den Fröschen und in vielen wirbellosen Geschöpfen vor (*a*, Fig. 416, S. 654.). Die Eier mancher anderen Thiere, wie z. B. der Vögel, der Knochenfische und einzelner rückgrathsloser Wesen liefern nur eine beschränkte, eine theilweise oder partielle Dotterfurchung. Die Trennung, die übrigens hier in ähnlicher Art, wie in dem ersteren Falle, Allgemeine und beschränkte Dotterzerklüftung.

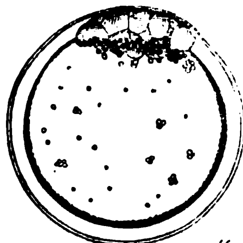
fortschreitet, umfaßt nur einen gewissen Abschnitt des Eies, aus dem die

Fig. 433.



erste Anlage des Embryo in der Folge unmittelbar hervorgeht. Fig. 434 kann dieses aus dem Hechteie näher versinnlichen.

Fig. 434.



Ausbildung der Furchungszellen.

§. 2219. Wie das Keimbläschen des unbefruchteten Eies, so kehrt die Dotterfurchung in allen Thierklassen mit Ausnahme der ächten Infusorien wieder. Sie soll auch hin und wieder in nicht befruchteten Eiern, z. B. der Frösche, auftreten und bis zu einem gewissen Grade fortschreiten können. Sie beruht im Wesentlichen darauf, daß sich die Elemente des Dotters oder der Keimmasse zu kugeligen Haufen zusammenballen. Diese erzeugen dann in ihrem Innern Kerngebilde. Eine Umschließungshaut grenzt die Gesammtmasse nachträglich ab. Man erhält auf diese Art die sogenannten Furchungszellen. Der Inhalt einer solchen Furchungszelle, sondert sich hierauf wieder in Kugelhaufen, die in kleinere Furchungszellen übergehen, während die Begrenzungshaut der einschließenden Mutterzelle dem gleichen Auflösungsprocesse, der früher die Membran des Keimbläschens vernichtete, ebenfalls anheimfällt. Die letzten und kleinsten Furchungszellen bilden endlich die mikroskopischen Elemente der Anlage des Embryo.

Dotterdrehung.

§. 2220. Wir haben schon §. 1202 gesehen, daß die ausgeschlüpften Jungen einzelner Thiere Flimmerbewegung (§. 1195.) an ihrer äußeren Körperoberfläche darbieten. Das Gleiche kehrt auch in den Schnecken- und den Muschelembryen, die sich noch in ihren Eiern befinden, wieder. Die verhältnißmäßige Leichtigkeit der Körpermasse bewirkt es dann, daß sie sich fortwährend herumbewegen (§. 1202.). Sie gehen

in Bogen= oder Kreisbahnen unausgesetzt dahin. Die in ihren Eiern eingeschlossenen Froschlarven drehen sich aus dem gleichen Grunde. Eine von Bischoff gemachte Beobachtung deutet endlich an, daß eine Dotterdrehung oder eine Dotterrotation im Kaninchen ebenfalls vorkommt. Fig. 431, S. 685 stellt das Ei, an welchem jene Erfahrung gemacht wurde, vergrößert dar. Es war an seiner Außenseite mit Flimmerhaaren bekleidet und dreht sich daher um seine Achse in der durch die Pfeile angezeigten Richtung herum.

Keimhaut und Keimblase.

§. 2221. Hat das Ei eine theilweise Dotterfurchung (§. 2218.) dargeboten, so findet man später, daß eine hautartige Masse, die Keimhaut oder das Blastoderma, den entsprechenden Abschnitt der Dottermasse bedeckt. Ist dagegen eine allgemeine Dotterfurchung vorangegangen, so wird später der Dotter von einer Keimblase überall umgeben. Man hat aber auch häufig den Namen der Keimhaut für beide Fälle zugleich gebraucht.

Centraler und peripherischer Theil der Keimhaut.

§. 2222. Die erste Anlage des Embryo tritt zunächst nur in einem bestimmten Bezirke, dem Centraltheile der Keimhaut, auf. Die übrige Masse oder der peripherische Abschnitt derselben liefert eine Reihe von Eigebilden, die zu dem Schutze und der Ernährung des neuen Wesens bestimmt sind. Andere Theile ähnlicher Art werden von dem Eierstocke aus mitgebracht und noch andere von der Gebärmutter des Menschen oder der Säugethiere hergestellt.

Blätter der Keimhaut.

§. 2223. Die Keimhaut spaltet sich allmählig in mehrere über einander liegende Schichten. Hält man sich an die von Döllinger, Pander und Bär vorgeschlagene Auffassungsweise, so heißt die oberste, an die Dotterhaut (*a*, Fig. 411, S. 649.) grenzende Hautmasse das seröse und die mittlere das Gefäßblatt. Die unterste, die dem Dotter verhältnißmäßig am nächsten liegt, wird mit dem Namen des Schleimblattes bezeichnet. Reichert und Remak haben in dieser Hinsicht andere Spaltungsweisen angenommen.

Schlauchdrüsen der Gebärmutter.

§. 2224. Die Gebärmutterschleimhaut schwillt nach der Befruchtung der Frau beträchtlich an. Ihr innerer freier Abschnitt bildet dann eine halbdurchsichtige grauweiße Masse, die einzelne Zöttchen zu besitzen scheint. Die nähere Untersuchung lehrt aber, daß diese Anschauung auf einer bloßen, durch die starke Entwickelung der Schlauchdrüsen bedingten Täuschung beruht. Lange, mit einzelnen Ausbuchtungen versehene Schläuche (*b*, Fig. 435.), welche sich bisweilen theilen (*d*) und an der Oberfläche frei ausmünden (*c*), liegen nämlich in der Masse (*a*) der Gebärmutterschleimhaut eingebettet. Man kann sie schon in Fruchthältern, die sich zur Menstruation vorbereiten (§. 2167.), deutlich nachweisen. Sie lassen sich dagegen in anderen Ge=

Fig. 435.



bärmüttern, vorzüglich älterer Leichen, gar nicht oder nur in glücklichen Einzelfällen darstellen.

Hinfällige Häute. §. 2225. Der innere Abschnitt der aufgelockerten Uterinalschleimhaut bildet dasjenige, was man mit dem Namen der hinfälligen Haut, der Nesthaut oder der Decidua bezeichnet hat. Die §. 2224 beschriebene Veränderung kommt aber früher zu Stande, als das Ei in den Fruchthälter übertritt (§. 2177.). Es erklärt sich hieraus, weshalb eine sogenannte hinfällige Haut in Eileiterschwangerschaften (§. 2201.) vorkommt, sobald nicht etwa die noch nachträglich eingetretene Menstruation oder andere Nebenerscheinungen die Verhältnisse geändert haben.

Wahre, umgeschlagene und spätere Nesthaut. §. 2226. Das in die Gebärmutter eindringende Eichen geräth in eine der vielen Falten, welche die Innenfläche der Uterinalschleimhaut darbietet. Es wird dann von einem Theile von dieser eingekapselt. Man erhält deshalb einen Abschnitt, der an den Gebärmutterwänden dahingeht und mit dem Namen der wahren hinfälligen Haut belegt zu werden pflegt. Derjenige Theil dagegen, der das Ei umgiebt und mit ihm fortwächst, heißt die umgeschlagene hinfällige Haut oder die secundäre Nesthaut. Die unpassend sogenannte spätere hinfällige Haut ist derjenige Bezirk der wahren, der zwischen dem Frucht- und dem Mutterkuchen (§. 2234.) in der Folge zu liegen kommt.

§. 2227. Wir werden später kennen lernen, daß sich ein großer Theil der aufgelockerten Gebärmutterschleimhaut mit der Nachgeburt und im Wochenbette losstößt. Kommt dagegen eine Fehlgeburt oder ein Abortus in den ersten Schwangerschaftsmonaten zu Stande, so geht häufig ein Theil der hinfälligen Häute mit dem Eie zugleich ab. Fig. 436 stellt ein solches, ungefähr zwei Monate altes und von R. Wagner untersuchtes Ei dar. *a* ist ein Bruchstück der wahren und *b* ein solches der umgeschlagenen Netzhaut.

Fig. 436.



Die zottige Eihülle, die in Fig. 435 mit *e* bezeichnet worden, ist die Eischalenhaut oder das Chorion. *c* bildet das Eiweiß, welches zwischen dem Chorion *e* und der Schaafhaut oder dem Amnion *d* liegt. Dieses letztere enthält eine Flüssigkeit, das Schaafwasser, das Fruchtwasser oder die Amniosflüssigkeit, in welcher der Embryo *g* schwimmt. Der frühere Dotter liegt in einer eigenthümlichen Blase,

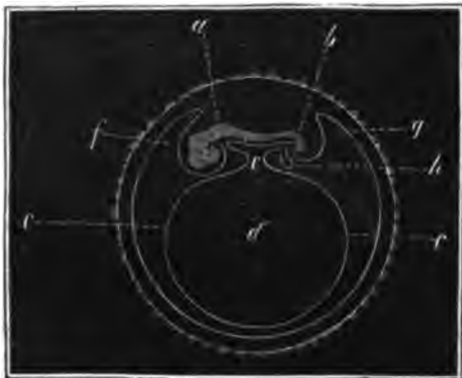
dem Nabelbläschen, *f*, von dem ein dünner und langer Stiel, der Nabelblasengang, zu dem Dünndarme des Embryo *g* überführt.

§. 2228. Die Eischaalenhaut und das Eiweiß der Hühnereier bilden sich erst während des Durchganges des Eies durch den Eileiter der Henne. Manche Forscher haben daher auch angenommen, daß das Chorion und das Eiweiß der Säugethiere in der Tube abgesetzt werden (*f*, Fig. 428, S. 672.). Andere glauben dagegen eine eigenthümliche Entwickelungsweise für diese Klasse von Geschöpfen annehmen zu müssen. Der durchsichtige Gürtel (*e*, Fig. 429.) schwillt in der Tube beträchtlich auf (Fig. 431, S. 685 und Fig. 433, S. 692.). Er erzeugt dabei nach und nach eine Eiweißmasse, deren äußerste Schicht zum Chorion erhärtet oder von diesem, als einer neu entstehenden Membran, umgeben wird. Chorion und Eiweiß.

§. 2229. Die Eischaalenhaut ist im Anfange glatt. Einzelne Zotten bilden sich dann an ihrer Oberfläche hervor. Ihre Vergrößerung und Vermehrung bedingt endlich das zottige Aussehen, welches *e*, Fig. 436, darbietet. Wir werden später finden, daß ein großer Theil von jenen Verlängerungen zur Herstellung des Fruchtkuchens dient. Ist dieser gebildet worden, so erscheint die Oberfläche der übrigen Eischaalenhaut des Menschen beinahe vollkommen glatt. Nur einzelne unbedeutende Zöttchen bleiben dann an manchen zerstreuten Punkten bis zur Geburt zurück. Zottiges und glattes Chorion.

§. 2230. Die Fig. 437 gegebene Schemenzeichnung kann uns die Entstehungsweise des Amnion klar machen helfen. Schaafhaut und Fruchtwasser.

Fig. 437.



Die Abbildung stellt einen idealen senkrechten Längendurchschnitt dar. *a b* ist der Centraltheil des serösen Blattes (§. 2223.) der Keimblase (§. 2221.), der sich in einzelne Organe des Embryo verwandelt hat. Die angrenzenden Stücke des peripherischen Theiles des serösen Blattes ziehen sich in Doppelfalten als sogenannte Kopfkappe *f* und Schwanzkappe *g* über den Embryo *a b* hinüber. Aehnliche Seitenkappen bilden sich auch rechts und links aus. Diese Faltungen, welche durch eine eingeschaltete Flüssigkeitsmasse, die erste Anlage des künftigen Fruchtwassers, von dem Embryo immer weiter abgehoben und entfernt werden, wachsen einander entgegen, bis sie zusammenstoßen. Fig. 438 (s. f. S.) zeigt den dieser Entwickelungsstufe entsprechenden Längendurchschnitt. *h* bildet hier den Vereinigungspunkt der verschiedenen Kappenbildungen oder die sogenannte Nathstelle der Schaafhaut. Es erzeu-

gen sich hierdurch zweierlei Arten von Hüllengebilden. Die äußere Umgrenzung *kk*, Fig. 438, ist die seröse Hülle, die gleich der Dotterhaut (*a*, Fig. 411, S. 649.) mit der Zeit unkenntlich wird. Die innere, *fg*, dagegen erhält sich als Amnion.

Fig. 438.



§. 2231. Die Menge des Fruchtwassers *i*, Fig. 438, nimmt in dem Laufe der Entwickelung beträchtlich zu. Die Procentwerthe seines Eiweißes und seines festen Rückstandes überhaupt sinken dabei allmählig. Das Amnion erhält in entsprechender Weise einen stets größeren Umfang. Das Eiweiß (*c*, Fig. 436, S. 694.), welches zwischen dem Chorion (*e*) und dem Amnion (*d*) liegt, wird indeß in eine immer dünnere Schicht ausgebreitet. Es bildet endlich nur eine unbedeutende Zwischenlage zwischen den beiden zuletzt genannten Eihäuten.

Nabelblase. §. 2232. Die Keimblase (§. 2221.) umschließt im Anfange die übrige Dottermasse (*d*, Fig. 438.) allseitig. Man findet später, daß der centrale Theil des Schleimblattes zum Darmcanale, der peripherische dagegen zur Dotterhülle (*cc*, Fig. 438.) wird und die frühere Dotterhaut (§. 2083.) ersetzt. Diese bildet dann die Haut des Nabelbläschens (*f*, Fig. 436, S. 694.), das sich bei der ferneren Entwickelung immer weiter von dem Darme entfernt. Es zieht sich dabei ein Zwischenstück, der Nabelblasengang (*e*, Fig. 438.), zwischen jenen beiden Theilen aus. Das Nabelbläschen des Menschen verkümmert hierauf ziemlich frühzeitig, (*d*, Fig. 438.). Es verliert sich entweder gänzlich oder bleibt als ein gelbliches zusammengefallenes Säckchen, das zwischen dem Chorion und dem Amnion in dem Eiweißraume liegt, bis zur Geburtszeit zurück.

Harnsack. §. 2233. Man kann in jungen Embryonen der Vögel und der Säugethiere leicht beobachten, daß ein eigenes Bläschen, der Harnsack oder die Allantois, *h*, Fig. 437, dessen Hohlraum in den des Endabschnittes des Darmes übergeht, zu der von den Leibeswänden offen gelassenen Bauchspalte heraustritt und in den Eiweißraum vordringt. Es vergrößert sich später immer mehr und legt sich hierbei mit seiner Außenfläche an das Chorion unmittelbar an (*m*, Fig. 438.), oder geht wenigstens in der Nähe desselben dahin.

Endochorion und Placenta. §. 2234. Die Nabelschlagadern, welche anfangs die Endfortsetzungen der Aorta bilden, erzeugen ein Gefäßnetz, das Endochorion, das sich auf dem Harnsacke ausbreitet. Es treibt in der Folge Reiser in die

gegenüber liegenden Zottentheile des Chorion (*op*, Fig. 438.) der Säugethiere. Die blutgefäßreichen Abschnitte dieser Verlängerungen der Eischaalenhaut bilden den Fruchtkuchen oder den Theil des Eies, welcher die mit dem Mutterblute Statt findenden Wechselwirkungen vorzugsweise einleitet. Der Fruchthälter liefert nämlich entsprechende Unebenheiten, die in ihrem Innern von zahlreichen Gefäßen des Muttergeschöpfes durchzogen werden und den Mutterkuchen darstellen. Beide Gefäßorgane zusammen bilden die Placenta im weiteren Sinne des Wortes. Sie hängen wechselseitig, und zwar in einzelnen Säugethieren lockerer und in anderen fester zusammen. Die mütterlichen Gefäße des Fruchthälters setzen sich aber nie in die des Fruchtkuchens, d. h. in die des Embryonalkörpers, unmittelbar fort. Das Blut der Mutter und des Kindes können daher immer nur auf einander auf endosmotischem Wege (§. 129.) wirken.

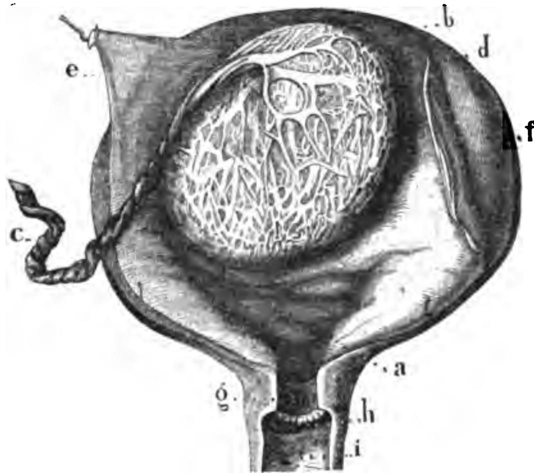
§. 2235. Eine eigene cylindrische Verbindungsmasse, der Nabelstrang (*c*, Fig. 439, S. 698.), zieht sich zwischen dem indeß geschlossenen Unterleib des Embryo und dem an einer entfernten Stelle liegenden Fruchtkuchen dahin. Er besteht aus einer gallertigen Masse, der Whartonschen Sulze, einzelnen Nerven, die sich jedoch nur schwer darstellen lassen, den beiden Nabelschlagadern, die das Fötusblut dem Fruchtkuchen zuleiten, und der Nabelblutader, welche es aus diesem wiederum zurückführt. Alle diese Blutgefäße gehen in Schraubenwindungen bis zur Placenta dahin. Nabelstrang.

§. 2236. Das Ei des Menschen zeichnet sich in dieser Hinsicht durch mehrere Eigenthümlichkeiten aus. Der Harnsack wird hier in sehr früher Zeit unkenntlich. Der eine einzige fortlaufende Masse bildende Fruchtkuchen, der nur gegen den Mutterkuchen hin Kotyledoneneinschnitte darbietet, ist mit diesem so fest verwachsen, daß beide nicht ohne gegenseitige Gefäßzerreißung getrennt werden können. Eine Blutung begleitet deshalb auch die der Geburt des Kindes nachfolgende Lösung der Embryonalplacenta. Der Theil des menschlichen Fruchthälters endlich, welcher den Mutterkuchen erzeugt, zeichnet sich dadurch aus, daß die Gefäßröhren, welche die Schlagadern mit den Blutadern verbinden, verhältnißmäßig dick ausfallen und zum Theil schon mit freiem Auge erkannt werden. Die Venen selbst bilden zahlreiche sinusartige Netzgeflechte, deren Wandungen sich durch eine größere Zartheit in der Nähe des Mutterkuchens auszuzeichnen scheinen. Eigenthümlichkeiten der Placenta des Menschen.

§. 2237. Fig. 439 (s. f. S.) zeigt uns die frische aufgeschnittene Gebärmutter einer Frau, die in dem zehnten Schwangerschaftsmonate plötzlich gestorben war. *c* bezeichnet den Nabelstrang und *b* den Fruchtkuchen, der wie gewöhnlich in dem Grunde des Fruchthälters angewachsen ist. Man sieht zugleich, wie sich die Verästelungen der Nabelgefäße auf der freien, von dem Amnion überzogenen Fläche der Embryonalplacenta verbreiten. *e* bezeichnet die Schaafhaut und *d* die Eischaalenhaut. *h* ist der Gebärmuttermund. Man bemerkt in ihm die Lage der Placenta im Uterus.

zahlreichen Nabot'schen Bläschen, d. h. in sich abgeschlossene Kapseln, die wahrscheinlich mit der Absonderung dieser Gegend in Beziehung

Fig. 439.



stehen. Ein gallertiger Schleimpfropf *g*, Fig. 439, verstopft häufig den Gebärmutterausgang bis gegen das Ende der Schwangerschaft.

Die Gebärmutter erscheint in Fig. 439 verhältnißmäßig zu klein, weil sie sich, nachdem das Fruchtwasser entleert und das Kind entfernt worden war, beträchtlich zusammenzog. Ihr Umfang nahm später selbst bei vorgeschrittener Fäulniß nicht mehr zu.

Erste Andeutung des Embryo. §. 2238. Der Primitivstreifen[47]) oder die Primitivrinne bildet die erste Andeutung künftiger Embryonaltheile. Sie besteht in einer sehr schmalen Längsfurche der Mitte der oberen Fläche des serösen Blattes (§. 2223.). Während sie sich bald darauf vergrößert, erheben sich zwei Leisten, die Rückenwülste, zu beiden Seiten derselben. Sie wachsen oben einander entgegen, stoßen gegenseitig in einer Längsnath zusammen und schließen auf diese Weise einen Hohlraum, das Primitivrohr, ab. Dieses erweitert sich vorn zu mehreren hinter einander liegenden Bläschen, in denen sich die Hirnmasse absetzt. Das Rückenmark dagegen schlägt sich in dem übrigen cylindrischen Theile des Rohres nieder. Die einzelnen Hirntheile des Menschenembryo zeigen nach und nach viele vorübergehende Formen, welche die verschiedenen niederen Thiere für immer darbieten.

Rückensaite. §. 2239. Ein dichter Strang, die Rückensaite, setzt sich unter dem größten Theile der Länge des Primitivrohres frühzeitig ab. Man bemerkt zugleich jederseits quadratische Flecke, die symmetrisch paarig vertheilt sind. Je zwei entsprechende Quadrate verwachsen später wechsel-

seitig, um einen einzelnen Wirbelkörper (*ab*, Fig. 259, S. 418.) darzustellen. Sie fassen dabei den entsprechenden Abschnitt der Rückensaite zwischen sich und verdrängen ihn nach und nach gänzlich. Die noch übrig bleibenden Reste jenes Gebildes gehen in der Folge in dem Menschen, den Säugethieren und den Vögeln ebenfalls verloren.

§. 2240. Die Wirbelbogen entstehen als dichtere, gekrümmte paarige Streifen, die sich einerseits mit den Wirbelkörpern und anderseits unter einander verbinden. Die verschiedenartigen Wirbelfortsätze werden erst nachträglich erzeugt. Vollständige Wirbelbildung.

§. 2241. Die erste Grundlage des Schädels bildet eine häutige Kapsel, welche in eine eigene Knorpelhülle, den sogenannten Primordialschädel, nach und nach übergeht. Einzelne Abschnitte des Letzteren verknöchern in der Folge unmittelbar. Andere dagegen schwinden wiederum gänzlich, nachdem sich an sie fremde und neu entstandene Knochenstücke angelegt haben. Primordialschädel.

§. 2242. Das Blastem, welches an die Unterseite des Schädels grenzt, erzeugt eine Reihe paariger Fortsätze, aus denen zuletzt die Hauptmassen des Gesichtes und des Halses hervorgehen. Diejenigen, welche zwischen der künftigen Mundöffnung und der Brust liegen, heißen die Kiemen- oder die Visceralfortsätze, und die Spalten, die zwischen ihnen übrig bleiben, die Kiemenspalten. Ihre Form und die Verhältnisse der an ihnen dahingehenden Gefäßstämme erinnern entferntermaaßen an die Typen, die wir in den kiemenartigen Athmungswerkzeugen der meisten Fische (§. 725.) antreffen. Visceralfortsätze.

§. 2243. Die Seitenstücke des Centraltheiles des serösen Blattes rollen sich allmählig ein, um die Wandungen der Brust- und der Bauchhöhle herzustellen. Da sie aber erst nachträglich in der unteren Mittellinie des in wagerechter Lage gedachten Embryo zusammenstoßen, so bleibt anfangs eine lange Spalte, durch die vorzugsweise das Herz, ein großer Theil des Darmcanales und der Harnsack (§. 2233.) vorfallen, übrig. Sie schließt sich später in der Brust- und in der hinteren Unterleibsgegend. Sie verliert sich endlich so sehr, daß nur der Nabel den letzten Ueberrest derselben bildet. Die Rippen entstehen als dichtere Streifen, die zuerst verknorpeln und hierauf unmittelbar verknöchern. Die einzelnen Stücke des Brustbeines verfolgen einen zum Theil ähnlichen Entwickelungsgang. Brust- und Bauchwände.

§. 2244. Die Extremitäten fehlen im Anfange gänzlich. Sie sprossen später als kleine Stümpfe hervor. Jeder von diesen sondert sich zuerst in einen inneren Abschnitt, das Rumpfglied, welches dem Oberarm oder dem Oberschenkel entspricht, und eine freie Platte, das Endglied, das sich zu der Hand oder dem Fuße ausbildet. Man kann diese Entwickelungsstufe in dem Fig. 436 gezeichneten Embryo zum Theil erkennen. Der Vorderarm und der Unterschenkel kommen erst nachträglich zum Vorschein. Die Finger und die Zehen werden im Anfange durch eine Entwicklung der Extremitäten.

Art von Schwimmhaut, die von außen nach innen verloren geht, flossenartig verbunden.

Bildung des Auges. §. 2245. Das Auge bildet zuerst eine hohle Blase, die ein hohler Stiel, der künftige Sehnerv, mit dem Gehirn vereinigt. Die Netzhaut erzeugt sich durch einen ähnlichen Niederschlag, wie die Hirnmasse in den Hirnbläschen (§. 2238.). Die Krystalllinse, der Glaskörper und die Regenbogenhaut werden erst nachträglich erzeugt. Eine eigene Gefäßhülle, der Kapselpupillarsack, umgiebt die Linse des jüngeren Embryo. Der vordere Abschnitt desselben bildet hierauf die Pupillarmembran, d. h. eine gefäßreiche Haut, die sich unmittelbar vor dem Sehloche (*c*, Fig. 171, S. 288.) hinzieht. Sie verliert allmählig ihre Blutgefäße und verwandelt sich auf diese Weise in ein einfaches durchsichtiges Häutchen, das einige Tage nach der Geburt aufgelöst wird.

Entstehung des Ohres. §. 2246. Die Labyrinthabtheilung des Gehörorganes stellt ebenfalls anfangs ein hohles Bläschen, dessen Stiel in das Gehirn übergeht, dar. Der Vorhof, die Schnecke und die halbcirkelförmigen Canäle entwickeln sich dann verhältnißmäßig sehr frühzeitig. Die Bildung der Gehörknöchelchen hängt mit der Entwickelung der vordersten Visceralbogen innig zusammen. Der Hammer besitzt dann den sehr langen Meckel'schen Fortsatz, der in dem ersten Kiemenfortsatze oder dem künftigen Unterkiefer bis zur Mittellinie hingeht, später hingegen in dem Menschen und den Säugethieren nach und nach fast gänzlich verschwindet. Die Paukenhöhle bildet sich vorzüglich aus dem an dem ersten Visceralbogen befindlichen Lückenraume heraus. Das äußere Ohr wird zuletzt erzeugt.

Entwickelung der niederen Sinne. §. 2247. Die Geruchswerkzeuge zeigen sich zuerst ebenfalls als Bläschen, die mit dem Gehirn in Verbindung stehen. Die Nase bildet sich dann später bei Gelegenheit der Entwickelung des Antlitzes. Die nachträgliche Gaumenanlage trennt endlich die Nasenhöhlen vollständiger von der Mundhöhle. Die Zunge wächst aus dem ersten Kiemenbogen hervor. Die äußere Haut sondert sich erst gegen Ende des zweiten oder im Anfange des dritten Schwangerschaftsmonates in die Lederhaut und die Oberhaut. Sie bekommt noch später ihre Nägel, ihre verschiedenartigen Hautdrüsen und ihre Haargebilde. Feine Wollhaare überziehen den größten Theil der Körperoberfläche des fortgeschrittenen Embryo. Die reichliche Oberhautabschuppung und die starke Fettabsonderung erzeugen die sogenannte Käseschmiere, die viele Stellen des Fotalkörpers überzieht und ihn vor den nachtheiligen Einwirkungen des Schaafwassers gleich einer Salbe (§. 130.) beschützen kann.

Entstehung des Herzens. §. 2248. Die ersten Veränderungen, aus denen die Anfänge vieler Embryonalorgane hervorgehen, kommen ohne Vermittelung des Blutgefäßsystemes zu Stande. Das Herz bildet später zuerst einen Schlauch, der vorn in centrifugale Gefäße oder Schlagadern übergeht, hinten dagegen centripetale Röhren oder Blutadern aufnimmt. Es rollt sich später in eigenthümlicher Weise ein, trennt sich in mehrere Hauptabschnitte, erzeugt die Herzohren und enthält endlich zwei Vorkammern und eine einfache

Kammer. Diese bekommt nach und nach eine unvollständige und endlich eine vollständige Scheidewand. Die erste Erzeugung oder die Umwandlung der übrigen gefäßreichen Körperwerkzeuge und andere Ursachen, die in dem Gefäßsysteme selbst liegen, führen allmählig zu den mannigfachsten Veränderungen der Embryonalgefäße.

§. 2249. Der Gegensatz eines Körper- und eines Erfrischungskreislaufes findet sich frühzeitig ein. Ein großer Theil der Dotteroberfläche trägt im Anfange eine Gefäßausbreitung, den Gefäßhof, in welchem die Blutmasse des Embryo auf eine in ihren Einzelnheiten noch unbekannte Weise verändert wird. Diese Dottercirculation beginnt kurz nachdem das Herz des Embryo zu klopfen angefangen hat. Sie schwindet später in den Säugethieren, um dem Fruchtkuchenkreislaufe Platz zu machen. Das Blut strömt dann durch die Nabelschlagadern in den Fruchtkuchen, diffundirt sich hier mit dem mütterlichen Blute des Mutterkuchens und kehrt durch die Nabelblutader zum Fötus zurück (§. 2234.). Die hierdurch bedingte Erfrischung entspricht aber nicht bloß der Athmung des ausgebildeteren Wesens, sondern auch zugleich den dringenderen Ernährungsbedürfnissen. Dotterkreislauf und Fruchtkuchenkreislauf.

§. 2250. Die wechselseitig zusammenhängenden Entwickelungszustände des Herzens und der großen Gefäßstämme erzeugen eine eigenthümliche Art von Blutbewegung, die man mit dem Namen des Sabatier'schen Kreislaufes bezeichnet. Sie tritt kurze Zeit nach der Mitte der Schwangerschaft am Schärfsten hervor. Das Blut der rechten Herzkammer gelangt dann größtentheils in die untere Körperhälfte und den Fruchtkuchen. Das, welches aus diesem zurückkehrt, strömt vorzugsweise nach dem linken Herzen, um von da nach dem Kopfe und dem Halse zu fließen und endlich zu dem rechten Vorhofe und der rechten Kammer zu gelangen. Wir haben also hier einen theilweisen Gegensatz der Kreisläufe der oberen und der unteren Körperhälfte. Er wird dann nach der Geburt von dem des Körper- und des Lungenkreislaufes abgelöst. Sabatier'scher Kreislauf.

§. 2251. Der Fruchtkuchenkreislauf hört bald nach der Geburt auf, während die Luftathmung den Lungenkreislauf zum Ersatze einleitet. Die regelrechte Entwickelung trifft aber die hierzu nothwendigen Vorbereitungen mehrere Monate vor dem Ende der Schwangerschaft. Es kann daher auch ein Kind, das sieben oder acht Monate nach der Empfängniß zur Welt gekommen ist, unter glücklichen Nebenbedingungen am Leben bleiben. Vorbereitung zum Lungenkreislaufe.

§. 2252. Wir haben schon §. 731 gesehen, daß der Neugeborene manche Kreislaufseinrichtungen besitzt, die sich von seiner Fötalzeit herschreiben und die er erst nach und nach im Laufe der ersten Lebensmonate verliert. Das eirunde Loch, *d*, Fig. 440 (s. f. S.), rührt davon her, daß die untere Hohlvene *a* in den linken und nicht in den rechten Vorhof ursprünglich mündet und erst allmählig in diesen hinüberrückt. Es erklärt sich hieraus, weshalb das von der Nabelvene und den hinteren Körpertheilen zurückkehrende Blut zur Zeit des Sabatier'schen Kreis- Eirundes Loch.

laufes in den linken Vorhof größtentheils übergeht (§. 2250.). Die Leitungsfurche *b* bildet einen Rest einer eigenthümlichen Einrichtung, die

Fig. 440.



Fig. 441.



um so mehr zurücktritt, je stärker die weiter entwickelten Lungenblutadern das linke Atrium in Anspruch nehmen. Ist das Kind geboren worden, so wird das eirunde Loch zuerst mechanisch während der Vorkammerthätigkeit und zuletzt organisch vollkommen geschlossen. Die obere und die untere Hohlvene *a* und *b*, Fig. 441, gehören dann dem rechten Vorhofe allein an.

Botallischer Gang.

§. 2253. Die Lungenschlagader *e*, Fig. 441, und die Aorta *f* des Neugeborenen hängen mittelst des Botalli'schen Ganges *g* wechselseitig zusammen. Diese Bildung, die eine nothwendige Folge der Entwickelung der Embryonalgefäße darstellt und die scharfe Sonderung der beiden Abtheilungen des Sabatier'schen Kreislaufes (§. 2250.) theilweise aufhebt, hindert auch die vollständige Trennung des hochrothen und des dunkelrothen Blutes des eben geborenen Kindes, dessen Lungen schon zu arbeiten begonnen haben. Der Botalli'sche Gang schließt sich aber schon in den ersten Wochen nach der Geburt und zwar in entfernt ähnlicher Weise, wie eine unterbundene Körperschlagader (§. 1075.). Er wird auf diese Weise zu einem unschädlichen Bande, welches das übrige Leben hindurch erhalten bleibt.

Venöser Gang des Arantius.

§. 2254. Die Fig. 442 gegebene Abbildung, die nach demselben achtmonatlichen Fötus, wie die beiden vorhergehenden Zeichnungen, entworfen ist, kann uns endlich einen dritten eigenthümlichen Ueberrest des Fötuskreislaufes klar machen. Die Nabelblutader *gi*, Fig. 442, die er-

frischtes Blut aus dem Fruchtkuchen zurückführt, sendet von einer gewissen Embryonalzeit an Zweige in die Leber *f*. Sie verbindet sich außerdem mit der Pfortader *m*, die sich in jener Drüse ebenfalls verästelt. Sie behält aber auch einen gewissen Zusammenhang mit der unteren Hohlvene *l* dadurch bei, daß sich ein eigenes Zwischengefäß, der venöse Gang des Arantius, *k*, zwischen beiden hinzieht. Es kann daher ein Theil des von dem Fruchtkuchen zurückkommenden erfrischten Blutes die Leber *f* umgehen und durch *k* und *l* nach dem Vorhofe *c* unmittelbar abfließen.

Fig. 442.



§. 2255. Der Nabelstrang des Kindes wird gewöhnlich an einer Stelle seines Verlaufes unterbunden und durchschnitten. Die Säugethiere zerbeißen ihn, so wie der Neugeborene geathmet hat. Derjenige Abschnitt, der an dem Unterleibe haftet, vertrocknet nach einiger Zeit und fällt am Nabel von selbst ab. Die Stücke der Nabelschlagadern (*b′ c′*, Fig. 442.), die zuerst längs der Harnblase (*a′*) und dann weiter an den Bauchdecken bis zum Nabel hinaufgehen, werden wiederum bandartig. Ein großer Theil der Nabelvene *i*, Fig. 442, und der Gang des Arantius erleiden die gleichen Schicksale. Veränderung der Nabelgefäße nach der Geburt.

§. 2256. Die Bildung des Darmcanales fängt damit an, daß sich der centrale Theil des Schleimblattes emporhebt und einrollt. Es erzeugt sich auf diese Weise die nach dem Dotter hin geöffnete Darmrinne. Sie schließt sich bald darauf vorn und hinten, so daß nur eine mittlere Lücke, der Darmnabel, (*e*, Fig. 438, S. 696.) übrig bleibt. Wir haben §. 2232 gesehen, daß der peripherische Abschnitt des Schleimblattes die Hülle der Nabelblase (*c c*, Fig. 438.) liefert. Das Zwischenstück (*e*, Fig. 438.), das zwischen jener und dem Darmnabel liegt, zieht sich zu einem cylindrischen Gange, dem Stiele der Nabelblase, aus. Entstehung des Darmcanales.

§. 2257. Die bis auf die Oeffnung des Darmnabels röhrig gebliebene Anlage des Nahrungscanals ist zuerst vorn und hinten blind geschlossen. Das Vorderende entspricht dann der Gegend der künftigen Cardia des Magens (*q*, Fig. 9, S. 35.), und das hintere der des mittleren bis unteren Abschnittes des Mastdarmes. Das Endstück von diesem, die Speiseröhre und die Mundhöhle werden erst nachträglich gebildet. Bildung der Anfangs- und der Endtheile des Darmes.

§. 2258. Der Magen, der aus einer bauchigten Auftreibung des vordersten Abschnittes der röhrigen Darmanlage entsteht, zieht sich anfangs der Länge nach oder parallel der Hauptrichtung der Wirbelsäule dahin. Er begiebt sich erst später in die quere Lage, die er in Erwach- Bildung des Magens und der einzelnen Darmtheile.

senen darbietet. Das übrige Darmrohr verlängert sich allmählig in beträchtlichem Grade. Es bildet dabei immer zahlreichere Windungen. Die spiralig eingerollte Hauptschlinge desselben, die im Anfange zum Vorschein kommt, tritt dann zum Bauchnabel heraus (§. 2243.). Sie zieht sich erst nachträglich in die Bauchhöhle zurück. Die Formentwickelung und die Sonderung der einzelnen Bezirke der dicken Gedärme (§. 400.) kommen verhältnißmäßig spät zum Vorschein. Die eigenthümlichen Verhältnisse, die der Verlauf des Bauchfells, das große und das kleine Netz darbieten, lassen sich nur aus der Entwickelungsgeschichte genügend erklären.

Entwickelung der Drüsen. §. 2259. Eine durchsichtige gallertige Masse stellt das Blastem der Drüsen dar. Man bemerkt dann in ihm einfache Bäumchen, die in den künftigen verzweigten Drüsen (§. 857.) mit blinden Köpfchen endigen. Ihre Menge vergrößert sich allmählig, bis sie zuletzt das Blastem, dessen Ränder nach und nach lappig geworden, größtentheils aufzehren. Sie bilden auf diese Weise die bleibenden Drüsengänge. Die Endköpfchen und die Hauptgänge zeigen im Anfange selbstständige Höhlungen, die erst nachträglich zusammenstoßen. Die Luftröhrenverzweigungen der Lungen entstehen in ganz ähnlicher Weise. Die Leber hat einen verhältnißmäßig beträchtlichen Umfang während des größten Theiles des Fruchtlebens. Die Schilddrüse und die Thymus besitzen ebenfalls ein Blastem, in dem sich Röhren erzeugen, die allseitig blind geschlossen bleiben.

Wolff'sche Körper. §. 2260. Zwei verhältnißmäßig große Röhrendrüsen, die Wolff'schen Körper oder die Urnieren, gehen der Ausbildung der Harn- und der Geschlechtswerkzeuge voran. Sie besitzen ähnliche Malphigi'sche Gefäßknäuel, wie die bleibenden Nieren (§. 935 [*a*, Fig. 174, S. 301.]), und haben einen eigenen Ausführungsgang, der ihre Absonderung nach dem gemeinschaftlichen Ausgangsraume der Harnblase (Allantois) und des Mastdarmes ableitet. Sie schwinden später, nachdem die bleibenden Nieren entstanden und bis auf eine gewisse Stufe ausgebildet worden sind. Einzelne ihrer Bestandtheile gehen völlig zu Grunde, während andere manche Gebilde der Geschlechtswerkzeuge nach einigen Forschern herstellen helfen.

Entwickelung der Harnwerkzeuge. §. 2261. Die wahren Nieren und der Harnleiter entstehen an den Bauchwänden des Unterleibes hinter den Urnieren. Sie haben im Anfange eine glatte Oberfläche, bekommen später rundliche Lappenabtheilungen (*st*, Fig. 442, S. 703.), wenn sich der durch den Verlauf der Harncanälchen bedingte Unterschied der Rinden- und der Markmasse (*ef*, Fig. 173, S. 300 [§. 934.]) schärfer entwickelt, und erhalten erst nach der Geburt ihre bleibende glatte Oberfläche wieder. Die Harnblase erzeugt sich aus dem untersten Abschnitte des Harnsackes. Der obere Theil, der zwischen ihrem Scheitel und dem Nabel übrig bleibt, verwandelt sich in den Harnstrang oder den Urachus (§. 942 [*d'*, Fig. 442.]).

§. 2262. Eine Reihe ähnlicher Ablagerungen geht den männlichen und den weiblichen Geschlechtswerkzeugen voran. Erst die nachträgliche Entwickelung läßt die wahrhaft verfolgte einseitige Richtung bestimmter erkennen. Die übrige Körperform des Embryo verräth daher bisweilen das Geschlecht zu gewissen Zeiten deutlicher, als die bloße oberflächliche Betrachtung der Genitalien. Gemeinschaftlicher Urtypus beider Geschlechter.

§. 2263. Die Hoden und die Eierstöcke erscheinen im Anfange in der Form kleiner Bohnen, die nach innen von den Wolff'schen Körpern (§. 2260.) in einer eigenen Bauchfellfalte liegen. Die Samencanäle treten bald in den Hoden entschiedener hervor. Die Masse des Eierstockes erzeugt aber schon im Fötus die ersten Anlagen von Follikeln und Eichen (§. 2152.) Die Hoden verlassen die Bauchhöhle noch vor der Geburt. Die Eierstöcke rücken dagegen nur weiter nach dem Becken hinab. Anlage der Hoden und der Eierstöcke.

§. 2264. Jüngere Embryonen des Menschen und der Säugethiere zeigen jederseits zwei fadenartige Gebilde, den Ausführungsgang der Urnieren (§. 2260.) und den Müller'schen Strang. Der Erstere wird nach Kobelt in den Samenleiter verwandelt, während der Müller'sche Gang größtentheils schwindet. Dieser letztere Canal entwickelt sich dafür in dem weiblichen Fötus zum Eileiter. Der Ausführungsgang der Urnieren vergeht im Menschen gänzlich. Er bleibt als Gartner'scher Canal in einzelnen Säugethieren theilweise zurück. Samen- und Eileiter.

§. 2265. Die beiden Eileiter verbinden sich zu einem uterusartigen Mittelstücke, das in früherer Zeit zwei Gebärmutterhörner selbst im Menschen besitzt. Der einfache birnförmige Fruchthälter der Frau (*w*, Fig. 9, S. 35, und *a b*, Fig. 428, S. 672.) bildet sich erst nachträglich aus. Man findet aber ein gebärmutterähnliches Mittelstück in dem männlichen Embryo des Menschen und der Säugethiere. Es hat anfangs einen eben so großen Umfang, als der Fruchthälter eines weiblichen Embryo des gleichen Alters. Es verkümmert aber in der Folge, ohne jedoch gänzlich zu verschwinden. Das mehr oder minder entwickelte Prostatabläschen (*p*, Fig. 425, S. 667.), das, von der Vorsteherdrüse (*y*, Fig. 424, *r s*, Fig. 425.) verdeckt, zwischen den Samenentleerungsgängen (*n o*) des erwachsenen Mannes liegt, entspricht jenem Ueberrest der embryonalen Gebärmutter. Weiblicher und männlicher Uterus.

§. 2266. Die äußeren Geschlechtstheile gleichen einander in hohem Grade zu einer gewissen mittleren Zeit des Fruchtlebens. Der Laie hält daher häufig einen männlichen Fötus für einen weiblichen oder umgekehrt. Aehnliche Verwechselungen können selbst nach der Geburt vorkommen. Die sogenannten menschlichen Zwitter oder Hermaphroditen enthalten nicht etwa Hoden und Eierstöcke zugleich, wie die wahren Zwittergeschöpfe (§. 2085.). Ein Theil ihrer Geschlechtswerkzeuge ist vielmehr nur auf der Stufe der Formentwickelung, die mit den Gestaltverhältnissen des anderen Geschlechtes in höherem Grade übereinstimmt, stehen geblieben. Man hat daher mehr als einmal einen Knaben als Mädchen gekleidet und erzogen, bis der Bart, die rauhere Stimme und vorzüg- Scheinbare Zwitterbildung im Menschen.

lich die Geschlechtsneigung den wahren Sachverhalt zur Pubertätszeit verriethen.

Bildung der äußeren Genitalien. §. 2267. Die Harnblase oder der unterste Theil der Allantois, die §. 2264 erwähnten Gänge und der Mastdarm münden anfangs in eine gemeinschaftliche Kloakenhöhle. Es schnürt sich der Mastdarm zuerst ab. Das übrige Rohr oder der Urogenitalcanal bekommt wulstige Lippen, die später zum Hodensacke des Mannes oder zu den äußeren Schaamlefzen der Frau werden, an seinem freien Ausgangsende. Ein zuletzt kolbiger Stiel, der sich in die Ruthe oder den Kitzler verwandelt, wächst zu der zwischen jenen Lefzen übrig bleibenden Spalte heraus. Er vergrößert sich und bleibt frei im Manne. Die von den Lefzen begrenzte Höhle schwindet hier, weil die Begrenzungslippen zum Hodensacke zusammenwachsen. Sie wird dagegen zum Scheidenrohre der Frau, in das sich der Kitzler nachträglich zurückzieht. Die Harnröhre spaltet sich in beiden Geschlechtern von dem Urogenitalcanale ab. Sie mündet anfangs am Grunde des männlichen Gliedes und setzt sich erst später bei fernerer Verlängerung durch das Innere der Ruthe fort.

Leitband und Herabsteigen der Hoden. §. 2268. Beide Geschlechter besitzen einen eigenthümlichen hohlen, beiderseits geschlossenen Cylinder, das Hunter'sche Leitband, das von der Nachbarschaft des Hodens oder des Eierstockes zum Leistencanale hinübergeht. Es behält diese Stellung in dem weiblichen Embryo bei, wird bandartig und verwandelt sich so in das runde Mutterband (*e'*, Fig. 442, S. 703.). Es geht hingegen dem Hoden voran, wenn dieser aus der Bauchhöhle nach der Höhlung des Hodensackes hinüberwandert (§. 2263.). Das Herabsteigen des Hodens erklärt die Entstehung des Sackes der Scheidenhaut dieser Drüse (*u*, Fig. 424, S. 666.) und die leichte Ausbildung der Leistenbrüche, vorzugsweise in den früheren Lebensjahren.

Gewebeentwickelung. §. 2269. Kerne oder diese und Zellen gehen den meisten Geweben der organischen Wesen voran. Man bezeichnet diesen Satz mit dem Namen der Schwann'schen Zellentheorie. Die Betrachtung der Ernährungserscheinungen hat uns schon kennen gelehrt, daß sich die thierische Zellenform an manchen Stellen für immer erhält, während sie an anderen von Zellenfasern, gleichförmigen Häuten, Fasern eigenthümlicher Art, Knochenmasse u. dgl. abgelöst wird. Die näheren Einzelheiten dieser Veränderungen gehören in die allgemeine Anatomie und in eine ausführlichere Betrachtung der Entwickelungsgeschichte [48]). Wir haben übrigens schon §. 1225 und §. 2061 gesehen, daß sich einzelne Embryonalgewebe verkürzen oder in anderer Weise durchgreifend arbeiten können, ehe sie ihre späteren bleibenden Gestalten erreicht haben.

Krankhafte Entwickelung. §. 2270. Da der mannigfachste Gestaltenwechsel im Laufe der Ausbildung des Embryo durchgreift, so kann es unter krankhaften Verhältnissen vorkommen, daß ein Organ, welches später entstehen sollte, gar nicht vorhanden ist oder daß es eine einer früheren Entwickelungsstufe entsprechende Form besitzt. Man hat dann eine sogenannte Hemmungsbildung vor sich. Der Mangel eines einzigen Gliedes oder aller Extre-

mitäten, der des Vorderarmes oder des Unterschenkels, die Verbindung der Finger oder der Zehen durch eine Art von Schwimmhaut (§. 2244.), die Hasenscharte und der Wolfsrachen gehören z. B. zu dieser Klasse von Abweichungen. Andere dagegen, wie die Wassersucht des Gehirns, die den angeborenen Cretinismus erzeugt (§. 2056.), gehen daraus hervor, daß die früheren Entwickelungszustände den Eintritt einer bestimmten Krankheit, z. B. hier der Wassersucht, in hohem Grade begünstigt haben. Diese hindert aber wieder mehr oder minder die fernere regelrechte Ausbildung. Wir erhalten daher häufig eine Mischung von Hemmungsbildungen und erworbenen Leiden. Alle Abweichungen, die wir in den einfachen Mißgeburten antreffen, lassen sich auf diese zwei Hauptgruppen von Unregelmäßigkeiten zurückführen.

§. 2271. Man findet bisweilen, daß nur ein beschränkter Theil, z. B. das Nagelglied des Daumens, verdoppelt ist. Man bemerkt in anderen Fällen, daß sich die Duplicität auf eine immer größere Reihenfolge von Organen erstreckt, bis endlich zwei fast vollständige und gegenseitig symmetrisch verwachsene Körper, eine sogenannte Doppelmißgeburt, herauskommen. Dreifache Mißgeburten werden nur äußerst selten angetroffen. Diese Thatsachen deuten schon darauf hin, daß die zwei Wesen, das Doppelmonstrum, nicht aus zwei Eiern oder zwei nachträglich verschmolzenen Embryonen gewöhnlich hervorgehen. Der Keim oder die frühere Organanlage verhält sich vielmehr wahrscheinlicher Weise unter den gegebenen Nebenbedingungen wie die Körpermasse eines in Ergänzung begriffenen niederen wirbellosen Geschöpfes (§. 1062.). Dem sei wie ihm wolle, so ist so viel gewiß, daß Organe, die später entstehen, doppelt entwickelt werden, wenn gewisse auf sie einwirkende, früher vorhandene Körpertheile krankhafter Weise verdoppelt worden sind. Die genauere Verfolgung der Entwickelungsgeschichte einer Doppelmißgeburt des Hechtes hat diesen Satz, der sich aus dem §. 8 Erwähnten leicht erklärt, mit Bestimmtheit dargethan. Regelwidrige Verdoppelung.

§. 2272. Geburt. — Man nimmt im Allgemeinen als Grundregel an, daß das Kind am Ende des zehnten Mondsmonates der Schwangerschaft oder 280 Tage nach der Empfängniß zur Welt kommt. Da aber äußere Veranlassungen oder innere Krankheitszustände die Geburt zu jeder beliebigen Schwangerschaftszeit eintreten lassen können, so folgt von selbst, daß ein scheinbar reifes Kind vor dem Ablaufe von 280 Tagen geboren zu werden vermag. Man darf sich anderseits vorstellen, daß bisweilen der Fötus auch über jenen Termin hinaus in der Gebärmutter verweilt. Läßt man aber auch dieses bei Seite, so hat doch die ganze Berechnung keinen, bis auf einen einzelnen Tag sicheren Ausgangspunkt. Legt man das Aufhören der letzten Regeln zum Grund, so rechnet man um einen oder eine gewisse Reihe von Tagen zu viel. Geht man von dem Beischlafe aus, so wiederholt sich etwas Aehnliches in beschränkterem Maaße, weil nicht der Eintritt des Samens, sondern die Berührung desselben mit dem Eichen (§. 2181.) allein entscheiden wird. Schwangerschaftsdauer.

Zeitraum des Eintrittes der Geburt.

§. 2273. Man hat mit Recht vermuthet, daß die periodische Wiederkehr der Geschlechtserregung nicht bloß die Menstruation der ungeschwängerten Frau, sondern auch den Eintritt der natürlichen Geburt bestimmt. Die Wehen erscheinen daher, wenn die Regeln zum zehnten Male wiederkehren sollten oder einige Tage früher, wenn sich die nicht schwangeren Genitalien überhaupt zu ihrer zehnten monatlichen Reinigung hätten vorbereiten müssen. Die oben erwähnten Schwierigkeiten hindern aber wiederum jede sichere Entscheidung dieses Punktes.

Mechanik der Geburt.

§. 2274. Das Kind liegt gewöhnlich in den letzten Schwangerschaftsmonaten mit dem Kopfe nach unten, wie es die Schemenabbildung Fig. 443 andeutet. Die periodischen schmerzhaften Gebärmutterzusammenziehungen oder die Wehen, welche die Geburtsarbeit begleiten, drücken von allen Seiten auf das Ei und die Inhaltsgebilde desselben. Die Gegend des Muttermundes (über *c*, Fig. 443.) dehnt sich dabei aus. Der Letztere öffnet und erweitert sich allmählig. Derjenige Abschnitt der Eitheile, der vor dem Kopfe liegt, wird in dem Augenblicke der Wehenthätigkeit in die Scheide (*c*, Fig. 443.) vorgedrängt. Er spannt sich nach und nach, je mehr die Einkeilung des Kopfes zunimmt, berstet endlich und läßt eine geringe Menge von Fruchtwasser, die in ihm enthalten und durch den Kopf von dem Uebrigen abgesperrt worden, ausfließen. Der Kindeskopf liegt dann frei zu Tage. Die Wehen, die immer heftiger werden und nach kürzeren Ruhepausen wiederkehren, treiben ihn nach und nach durch den Gebärmuttermund und das Scheidenrohr. Eine kraftvolle Bauchpresse (§. 393.) kommt überdies noch in den dringendsten Augenblicken zu Hilfe. Der übrige Körper folgt dann binnen Kurzem. Er und der Kopf drehen sich aber in den verschiedenen Geburtsacten auf die passendste Weise. Die Anwesenheit der Fontanellen *d* und *g*, Fig. 444, und die übrigen noch knorpeligen Stücke der

Fig. 443.



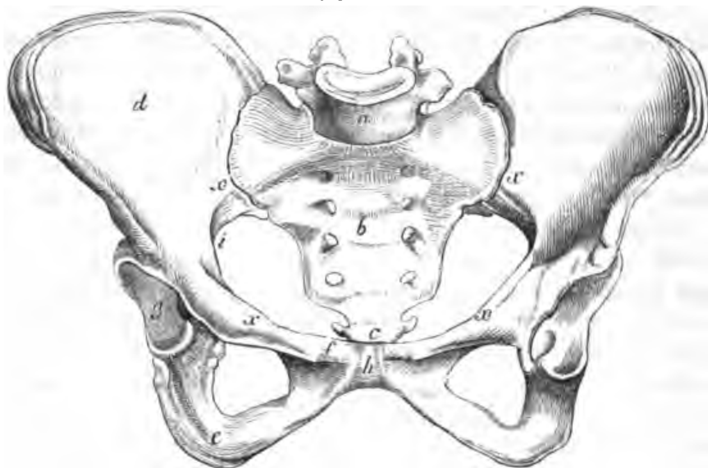
Fig. 444.



Stirnbeine *a*, der Scheitelbeine *b*, des Hinterhauptsbeines *c* (Fig. 444.) und der anderen Kopfgebilde machen es möglich, daß sich die Schädelknochen mehr oder minder zusammenschieben, um den Durchgang des umfangreichsten Kindestheiles nach Kräften erleichtern zu können.

§. 2275. Die heftigen Qualen, welche die Geburt begleiten, rühren Weibliches Becken.
theils von den Verkürzungen der Gebärmutter, theils aber auch von den engen Ausführungsbahnen des Kindes her. Das menschliche Weib hat eine schmerzhaftere Geburt, als die Säugethiere, weil ihr eigenthümlich gebautes Becken, das in Fig. 445 dargestellt ist, engere Durchgangs-

Fig. 445.



räume ($x\,i\,b\,c$) übrig läßt. Diese ungünstigere Einrichtung bildet aber eine einfache Folge des aufrechten Ganges (§. 1324.).

§. 2276. Der abgehende Scheidenschleim enthält oft schon einzelne Erste Folgen der Geburt.
Blutstreifen, ehe noch der Kopf die Gebärmutter verlassen hat. Dringt dieser in der Folge durch den Muttermund durch, so reißt er die Lefzen desselben ein, so daß die nachträglich erzeugten Narben der Gebärmuttermundslippen eine vorangegangene Geburt häufig verrathen. Eine sehr unbedeutende Blutung kann jenen Vorgang im ersten Augenblicke begleiten. Ist das Kind geboren worden, so stürzt die übrige Masse des Fruchtwassers (*q*, Fig. 443.) sogleich nach. Eine lebhafte augenblickliche Blutung pflegt sich aber ebenfalls einzufinden, weil sich die Gebärmutter (*a*, Fig. 439, S. 698.) schon so weit zusammengezogen hat, daß sich meist ein Theil des Fruchtkuchens von dem Mutterkuchen losriß (§. 2234.). Eine oder wenige spätere und leichtere Wehen vervollständigen die Lösung. Die Nachgeburt kommt auf diese Weise frei zu Tage.

§. 2277. Die schematische, Fig. 443 gegebene Abbildung kann uns Nachgeburt.
unmittelbar zeigen, welche Theile die Nachgeburt enthalten wird. Ihre Hauptmasse ist der Fruchtkuchen *i*, an dessen Gebärmutterfläche Blut und bisweilen auch Ueberreste der späteren hinfälligen Haut *h* (§. 2226.)

haften und von dem der Nabelstrang *p* ausgeht. Das Uebrige besteht aus den an der früheren Durchgangsstelle des Kindes eingerissenen Eihäuten, nämlich dem Chorion *k*, dem Amnion *l* und der zwischen beiden liegenden dünnen Eiweißschicht. Die umgeschlagene hinfällige Haut *g* läßt sich in der letzten Schwangerschaftszeit weniger deutlich nachweisen. Einzelne Bruchstücke der wahren (*f*) gehen schon meist mit der Nachgeburt ab. Ein Rest des Nabelbläschens (*o*) findet sich nur ausnahmsweise vor (§. 2232).

Wochenbettreinigung. §. 2278. Die entleerte Gebärmutter verkleinert sich im Laufe des Wochenbettes immer mehr, um zu ihrem früheren Umfange zurückzukehren. Eine Reihe schmerzhafter Zusammenziehungen, welche die Nachwehen erzeugen, kehrt im Anfange periodisch wieder. Erstgebärende pflegen in dieser Beziehung weniger als Mehrgebärende zu leiden. Eine bedeutende Menge eines dunkeln übelriechenden Blutes, das zum Theil geronnen aus den Geschlechtswerkzeugen abgeht, bildet die Lochien oder die Wochenbettreinigung, die zuletzt mit Ausschwitzungen in ähnlicher Weise, wie das Menstrualblut (§. 2164.), vermischt wird. Der Abgang gleicht daher in der Folge röthlichem Fleischwasser. Er wird später schleimiger und schwindet endlich nach und nach gänzlich. Diejenigen Reste der hinfälligen Haut, die noch im Uterus zurückgeblieben sind (§. 2277.), werden mit den Lochien allmählig ausgestoßen. Es häutet sich daher die während der Schwangerschaft aufgelockerte und veränderte Gebärmutterschleimhaut. Die tieferen zurückbleibenden Lagen entwickeln sich zur neuen Innenmembran des Fruchthälters.

Erstes Athmen. §. 2279. Nachembryonale Entwickelung. — Die Skelettgebilde, die Muskeln (§. 747.) und die entsprechenden Abschnitte des Nervensystems (§. 2034.), welche die Athmungsmechanik unterhalten, sind schon mehrere Monate vor der Geburt so weit entwickelt, daß sie jeden Augenblick spielen können. Hat man ein Ei eines Säugethieres im Ganzen ausgeschält, so macht der noch im Fruchtwasser (§. 2230.) eingeschlossene Embryo tiefe Athembewegungen, wenn man die Nabelschnur zusammendrückt, den Fruchtkuchenkreislauf auf eine andere Art hemmt oder die Erstickungsnoth überhaupt auf irgend eine Weise einleitet. Hat der reifere Fötus des Menschen seine bisherige tropfbar flüssige Umgebung mit der elastisch flüssigen der Atmosphäre vertauscht, so beginnt binnen Kurzem das Athmungsspiel, das von nun an nur mit der größten Lebensgefahr selbst für kürzere Zeiträume unterbrochen werden kann. Das zur Scheidenspalte hervorgetretene Kind verräth in der Regel sein erstes Athmen durch Schreien. Hat dann eine Reihe von Respirationsbewegungen den Lungenkreislauf (§. 570.) gehörig in Ordnung gebracht, so hört der Fruchtkuchenkreislauf (§. 2249.) von selbst auf. Es verliert sich der Puls der Nabelschlagadern ohne Weiteres. Man kann den Nabelstrang unterbinden und diesseits der Ligatur durchschneiden, um den Neugeborenen von den Nachgeburtstheilen zu entfernen.

§. 2280. Die Milch bildet die natürlichste Nahrung des zarten Kindes. Die Brüste bereiten sich schon zu ihrer späteren Absonderung seit der Mitte der Schwangerschaft vor. Sie vergrößern sich aber nur in beschränktem Maaße, so lange der Mutterkuchen in Thätigkeit bleibt. Sie schwellen um den zweiten bis dritten Tag des Wochenbettes rasch und beträchtlich an. Die Stoffe, welche jetzt nicht mehr unmittelbar für die Frucht gebraucht werden, wenden sich gewissermaaßen nach den Brüsten, um in der Form von Nahrungsstoffen in das Kind überzugehen. Setzt die Frau das Säugen fort, so pflegt indeß die monatliche Reinigung auszubleiben. Man findet jedoch auch ausnahmsweise, daß sie früher oder später wiederkehrt, ohne daß die Milchabsonderung gestört wird. Milchabsonderung.

§. 2281. Die Flüssigkeit, die vor der beträchtlicheren Anschwellung der Brüste, oder in den ersten Tagen des Wochenbettes bereitet wird, heißt der Bies oder das Colostrum. Man gebraucht auch zugleich häufig dieselben Namen für die Mischung, welche die Brustdrüsen vor der Geburt enthalten. Die später gelieferte Absonderung heißt die Milch im engeren Sinne des Wortes. Taf. V. Fig. LXXIX. und LXXX. kann die Unterschiede, welche die mikroskopischen Bestandtheile beider Flüssigkeiten darbieten, klar machen. Fig. LXXIX. stellt die Elemente des Colostrum einer Frau, die Tags vorher geboren hatte, Fig. LXXX. dagegen die der Milch einer Person, die vor 10 Wochen niedergekommen war, dar. Beide führen Milchkörperchen, d. h. kleine Oel- oder Buttertropfen, um die sich eine schützende Hülle eines Eiweißkörpers, eine sogenannte Haptogenmembran erzeugt hat, weil die Grundflüssigkeit der Milch Käsestoff (§. 311.) aufgelöst enthält (§. 346.). Die Milchkörperchen *a b c* des Fig. LXXIX. abgebildeten Colostrum liefern auffallendere Größenunterschiede, als die (*a*) der späteren Milch, in welcher die umfangreichsten Formen des Bieses gar nicht bemerkt wurden. Dieser führt außerdem eine reichliche Menge eigenthümlicher Gebilde (*d*, Fig. LXXIX.), der sogenannten Colostrumkörperchen, die in der späteren Milch gänzlich fehlen oder wenigstens bei Weitem seltener angetroffen werden (*b*, Fig. LXXX.). Mikroskopische Bestandtheile der Milch.

§. 2282. Die Milchkörperchen setzen sich nach Will[49]) als Inhalt der Drüsenzellen (§. 863.), welche die Gänge der Brustdrüse auskleiden, in der Form von Oeltropfen ab. Die Auflösung der Mutterzelle läßt sie später frei hervortreten. Die Colostrumkörperchen sind aber eigenthümlich ausgebildete und als solche entleerte Mutterzellen. Epithelialzellen (*e*, Fig. LXXIX.) der Brustwarze können sich hin und wieder der Milch zu jeder Zeit beimischen. Bildung des Colostrum, und der Milchkörperchen.

§. 2283. Wir haben schon §. 346 gesehen, daß die Milch die zweckmäßigste Mischung der wesentlichsten Bestandtheile der thierischen Nahrungsmittel darstellt. Die Menschenmilch führt z. B. nach Simon 82,5% bis 91,5% Wasser, 2% bis 4,5% Käsestoff, 3,9% bis 7% Zucker, 1,4% bis 5,4% Butter und 0,17% bis 0,32% feuerbeständiger Salze. Das Colostrum liefert eine größere Menge festen Rückstandes und eine beträchtlichere Masse feuerfester Verbindung. Es wirkt auf den Neu- Mischung der Milch.

geborenen wie ein Abführmittel. Der Säugling entleert daher in seinen ersten Lebenstagen das sogenannte Kindspech oder Meconium, d. h. eine grüne Kothmasse, die aus losgestoßenen und zum Theil aufgelösten Epithelien, einer schleimigten Grundsubstanz und Gallenresten, besteht. Es erklärt sich hieraus, weshalb es nicht selten im Freien mikroskopische Gallenfettkrystalle nach und nach absetzt (Fig. 185, S. 318.).

Hautabschuppung und Haarwechsel des zarten Kindes.

§. 2284. Die ungewohnte Umgebung der Luft trägt wahrscheinlich wesentlich dazu bei, daß sich die Haut der Neugeborenen lebhafter abschuppt. Die Haare fallen an vielen Stellen aus. Neue Ersatzhaare, die schon von früher her in der Nachbarschaft nach Kölliker bereit liegen, können dann den Verlust ergänzen. Man hätte daher hier einen Vorgang, wie ihn die Zähne bei dem Zahnwechsel (§. 2286.) liefern.

Zahndurchbruch.

§. 2285. Das erste Zahnen [50]) bildet gewissermaaßen die natürliche Grenze des Säuglingsalters. Die Vorbereitungen zur Zahnentwickelung können schon am Anfange des dritten Monates des Embryonallebens bemerkt werden. Die Kronen bilden sich später während der übrigen Schwangerschaftszeit nach und nach stärker aus. Die Wurzeln wachsen aber erst kurz vor oder nach der Geburt mit größerer Schnelligkeit. Die Kronen werden hierbei allmählig vorgeschoben. Die der Schneidezähne pflegen endlich im Durchschnitt in der zweiten Hälfte des ersten Lebensjahres hervorzubrechen. Der Neugeborene kann aber auch schon ausnahmsweise mit einigen freien Zähnen zur Welt kommen. Es dauert meistentheils bis zum Ende des zweiten oder dem Anfange des dritten Jahres, bis alle zwanzig Milchzähne, die acht Schneide-, die vier Eck-, die vier ersten und die vier zweiten Backzähne durchgebrochen sind.

Zahnwechsel.

§. 2286. Der Zahnwechsel, der zwischen sieben und dreizehn Jahren eingeleitet wird, besteht im Wesentlichen darin, daß Ersatzzähne, die lange vorher gebildet worden und in der Tiefe der Kieferfächer gelegen haben, hervorwachsen, die Milchzähne verdrängen und endlich ausfallen lassen. Da die hintersten Backzähne keine entsprechenden Milchzähne haben, so entstehen hier von vorn herein bleibende Zähne, d. h. Zahnbildungen, die für das ganze übrige Leben bestimmt sind und nach ihrem Ausfallen nicht mehr wiederhergestellt werden. Die ersten Anlagen aller bleibenden Zähne zeigen sich ebenfalls schon im frühen Fötusleben. Wie bisweilen vollständige Zähne in manchen Geschwülsten auftreten, so findet man in seltenen Fällen, daß alte Leute, die ihre Zähne schon seit einer Reihe von Jahren verloren hatten, einzelne Zähne von Neuem bekommen.

Zeit der Geschlechtsreife.

2287. Die Pubertätszeit bildet denjenigen Lebensabschnitt, der den Knaben zum Jüngling und das Mädchen zur Jungfrau macht. Das Auftreten des Samens im Hoden und die Möglichkeit des befruchtenden Beischlafes und der Pollutionen, oder der Durchbruch der monatlichen Reinigung und die Fähigkeit der Schwangerschaft bilden die vorzüglichsten Merkmale jenes tief eingreifenden Umschwunges. Das Brechen der Stimme (§. 1422.) verräth oft den Uebergang und zwar meistentheils

im männlichen Organismus nachdrücklicher als im weiblichen. Der Jüngling erreicht fast immer seine Geschlechtsreife ohne Beschwerden, während die Ausbildung derselben im Mädchen krankhafte Erscheinungen weit häufiger zu erzeugen pflegt. Beide gewinnen aber erst hierdurch eine Reihe der wichtigsten Eigenthümlichkeiten. Die kräftigere Mannesgestalt, der Bart und die Zuneigung zur Frau kommen erst mit dem Eintritte des Jünglingsalters, die üppige Körperrundung, die mit der Beckenbildung (§. 2275.) zusammenhängende Fülle der Hüften und die Liebe zum Manne mit dem Durchbruche der Regeln zum Vorschein. Der Castrat oder der impotente Mann hat daher einen minder kraftvollen, zu Fettablagerungen geneigteren Körper, einen unvollständigeren Bartwuchs, einen kleineren Kehlkopf (§. 1405.) und ein frauenähnliches Becken. Das Mannweib, dessen Regeln sparsam fließen, besitzt stärkere Knochen und Muskeln, eine tiefere Stimme und eine männlichere Körperhaltung und Geistesrichtung.

§. 2288. Die Rückbildungsperiode (§. 2157.) ändert den weiblichen Organismus in durchgreifender Weise. Die Gesichtszüge altern dann binnen Kurzem in so auffallendem Grade, daß der Kenner ohne Weiteres bemerkt, daß nun die Epoche der Befruchtungsfähigkeit der Frau aufgehört hat und das Weib zur Matrone geworden ist. Personen, die in ihren Kinderjahren skrophulös waren und nach dem Eintritte ihrer Regeln gesund geworden, Andere, die kinderlos blieben oder in denen unterdessen ein unglücklicher Krankheitsstoff im Stillen keimen konnte, werden dann leicht durch Brust- oder Gebärmutterkrebs einem qualvollen Lebensende zugeführt. Rückbildungsepoche der Frau.

§. 2289. Das höhere Alter kann nur dasjenige, was frühere Lebensjahre aufgebaut haben, mit Mühe zu bewahren suchen. Die Körpermasse nimmt nach und nach ab. Die meisten Thätigkeiten verlieren ihre gewohnte Lebhaftigkeit. Unorganische Stoffe lagern sich an vielen Orten im Uebermaaße ab. Die Herzklappen und die Schlagaderwände verknöchern (§. 1033.) in beträchtlicher Ausdehnung, die Knochen werden spröder und bekommen verhältnißmäßig mehr Marksubstanz (§. 1039.). Beides begünstigt daher den Eintritt von Knochenbrüchen. Der geschwächte Kreislauf läßt nicht selten die dem Herzen entfernter gelegenen Theile, wie die Zehen, brandig absterben. Alle Fettmassen, die nicht zu mechanischen Zwecken unerläßlich sind, gehen nach und nach fast gänzlich verloren. Daher die zahlreichen Runzeln in dem Gesichte und an manchen anderen Körperstellen. Die Muskeln nehmen an Umfang ab. Ihre Schwäche führt zu leichter Ermüdung, zu Unsicherheit des Ganges, zur Krümmung des Rückgrathes (§. 1325.) und zum Uebersinken des Kopfes (§. 1323.). Asthma, Lungenschleimflüsse, Wassersuchten und andere tief greifende Leiden bilden sich in Folge der Ernährungsstörungen häufig aus. Die Sinne und der Geist verlieren nicht selten ihre frühere Schärfe. Die Lebensflamme erlischt allmählig oder sie vergeht bisweilen plötzlich auf eine selbst dem Arzte unerwartete Weise. 170 Jahre bilden Höheres Alter.

das bis jetzt mit Sicherheit bekannte Maximum der Lebensdauer des Menschen.

Wechsel der mittleren Körpergewichte im Laufe des Lebens.

§. 2290. Die mittleren Körpergewichte [51]), zu denen die verschiedenen Lebensalter des Menschen führen, können den Wechsel der Gesammtveränderungen, die sich im Laufe der nachembryonalen Entwickelung geltend machen, am Besten versinnlichen. Der Neugeborene wiegt durchschnittlich 3 bis 3,1 Kilogr. Das Gewicht des Mannes nimmt später bis zu 40 und das der Frau bis zu 50 Jahren zu. Beide liefern dann im Durchschnitt ungefähr 19 bis 20 Mal so viel als das Kind, das kurz vorher reif zur Welt gekommen.

§. 2291. Der Säugling verdoppelt sein Körpergewicht in dem ersten Lebensjahre. Das zweite Jahr hat schon nur $\frac{1}{5}$ als Wachsthumszahl. Dieser Werth sinkt dann zwischen drei und zwölf Jahren auf die mittlere Jahresgröße von ungefähr $\frac{1}{10}$. Er erhebt sich wieder auf $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{7}$ zur Zeit der Entwickelung der Geschlechtsreife (§. 2287.). Die Körpermasse ändert sich aber weniger von 16 bis 17 Jahren an. Sie nimmt immer noch in den ersten nachfolgenden Jahrzehnten um eine geringe Verhältnißzahl zu. Diese Vergrößerung des Gewichtes fällt zuletzt so unbedeutend aus, daß der Mann nur $\frac{3}{10000}$ zwischen 30 und 40 und die Frau nur $\frac{17}{1000}$ zwischen 40 und 50 Jahren im Durchschnitte gewinnt. Die absoluten Größen der Körpergewichte gehen endlich von nun an fortwährend herab. Der Verlust oder die negative Wachsthumsgröße des Mannes gleicht $\frac{3}{1000}$ zwischen 50 und 60, $\frac{1}{50}$ zwischen 60 und 70 und $\frac{1}{25}$ zwischen 70 und 80 Jahren. Der 90jährige Greis wiegt nur noch 18 und die eben so alte Frau bloß 17 Mal so viel, als der mittlere Neugeborene.

Erklärung der Figurentafeln.

Die lineare natürliche Größe ist in den Abbildungen in Bruchtheilen angegeben.

Taf. I.

Fig. I. Mikroskopische Krystalle von Kochsalz. Aus einer Kochsalzlösung durch allmählige Verdunstung auf einer Glasplatte ausgeschieden.

Fig. II. Mikroskopische Krystalle von Harnsäure. Aus dem mit etwas Wasser verdünnten Eindampfungsrückstande des Menschenharns mit Salzsäure niedergeschlagen.

Fig. III. Mikroskopische Krystalle von kleesaurer Kalkerde. Aus dem Rückstande des Menschenharnes bei dem Stehen ausgeschieden.

Fig. IV. Krystalle von kohlensaurer Kalkerde. Aus dem Gehörsteine eines grünen Grasfrosches.

Fig. V. Ein Theil derselben Krystalle unter dem Polarisationsmikroskope bei parallelen Nicols.

Fig. VI. Dieselben Krystalle, nachdem das obere Nicol um 60° gedreht worden.

Fig. VII. Dieselben Krystalle, nachdem das obere Nicol um 90° gedreht worden.

Fig. VIII. Krystallinische Kugeln aus dem Harn des Pferdes unter dem Polarisationsmikroskope bei rechtwinkelig gekreuzten Nicols.

Fig. IX. Ein größeres Stärkemehlkorn unter dem Polarisationsmikroskope bei parallelen Polarisationsebenen beider Nicols.

Fig. X. Das gleiche Stärkmehlkorn bei rechtwinkelig gekreuzten Nicols.

Fig. XI. Dasselbe Stärkemehlkorn bei rechtwinkelig gekreuzten Nicols, nachdem der Objecttisch um 45° gedreht worden.

Fig. XII. Die Krystalllinse des Auges einer erwachsenen Frau unter dem Polarisationsapparate bei rechtwinkelig gekreuzten Nicols. In natürlicher Größe.

Fig. XIII. Haidinger'sche Lichtbüschel, bei dem Durchsehen durch ein Nicol'sches Prisma gegen den grauen Himmel wahrgenommen. Man sieht die dem größeren Prismadurchmesser entsprechenden gelben und die nach dem kleineren Durchmesser gerichteten violetten Büschel.

a. b. die längere und c. d. die kürzere Querachse des Nicol'schen Prisma.

Fig. XIV. Hintere Hälfte der in der Sklerotica eingeschlossenen Netzhaut eines erwachsenen Mannes mit dem Markhügel an der Eintrittsstelle des Sehnerven, den von da ausstrahlenden Centralgefäßen, der Centralfalte, dem gelben Fleck und dem Centralloche. In natürlicher Größe.

Fig. XV. Das Centralloch der Netzhaut eines anderen Erwachsenen vergrößert.

a. Die Körnerschicht der Netzhaut. b. Der flachere auslaufende Furchentheil des Centralloches. c. Die in der Tiefe sichtbaren Strahlungen der Stäbchen oder Wärzchen der Jacob'schen Haut. d. Der tiefste spitze Theil des Centralloches.

Fig. XVI. Gallenstein aus der Gallenblase eines Mädchens, aus Krystallen von Gallenfett bestehend. Zwei bis drei Mal vergrößert.

Fig. XVII. Zusammenstellung der in dem Kothe des gesunden Menschen nicht selten gleichzeitig vorkommenden fremdartigen Gemengtheile. Alle gezeichneten Körper fanden sich in einer und derselben Excrementmasse vor. Die Reste der pflanzlichen und der thierischen Gewebe wurden nur in der Zeichnung der Raumersparniß wegen enger zusammengedrängt.

a. Ein Stärkemehlkorn, das genau im Focus stand und dessen concentrische Schichtung daher von selbst in die Augen fiel. b. c. Zwei andere Stärkemehlkörner, deren Oberfläche sich außerhalb des Focus befand und die daher eben so dunkle Ränder, als die Fetttropfen darboten. d. Ueberrest eines Hautstückchen von verzehrten Wälschnüssen. e. Ein Bruchstück der Oberhaut genossener Pflanzentheile. f. Ein Netzgefäß aus der verzehrten Pflanzenkost. g. Eine nur heller gewordene quergestreifte Muskelfaser des gegessenen Fleisches. h. Andere Fleischfasern, die sich in quere Bruchstücke zu trennen anfangen. i. k. l. Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia. m. Eine mit Gallenfarbestoff durchtränkte Zelle des Pflasterepitheliums in der Nähe des Mastdarmes. n. Größere braune Partikelchen. o. Kleine theils grauweiße, theils gelbe bis bräunliche Körner, die in größter Menge im Kothe vorkommen.

Taf. II.

Fig. XVIII. Sarcina ventriculi aus der von einem kranken Manne erbrochenen Masse.

Fig. XIX. Gährungspilze aus der Bierhefe.

Fig. XX. Krystallinische Kugel aus dem Harn des Pferdes.

Fig. XXI. Krystallinische Kugeln aus dem Gehirnsand des mittleren Adergeflechtes einer Frau.

a. Kugel mit Seitenfortsatz. b. Halbvererdete und durchsichtige Kugel

Fig. XXII. Lymphe aus einer verletzten Saugader des oberen Theiles des Unterschenkels eines erwachsenen Mannes. Aus dem lebenden Körper gesammelt, nach einiger Zeit der Aufbewahrung in einem hermetisch geschlossenen Gefäße und daher mit mannigfachen nachträglichen Absätzen versehen.

a. a. Veränderte Lymphkörperchen. b. Größere Körnchen. c. Feine Molecularkörperchen in noch reichlicherer Menge, als die mit b. bezeichneten Gebilde. d. Ein Gallenfettkrystall. e. Ein Krystall einer anderen Verbindung.

Fig. XXIII. Blut- und Lymphkörperchen des grünen Grasfrosches.

a. Hülle. b. Kern des Blutkörperchens. c. Lymphkörperchen des Blutes.

Fig. XXIV. Blut- und Lymphkörperchen des Blutes des Menschen.

a. Blutkörperchen des unmittelbar vorher aus dem lebenden Menschen genommenen und mit keiner fremdartigen Flüssigkeit verdünnten Blutes; von der Fläche gesehen und nach rechts von der Kante betrachtet. b. Ein helles farbloses und glänzendes gewöhnliches Lymphkörperchen des Menschenblutes. c. Ein etwas dunkleres ungewöhnliches Lymphkörperchen. d. d. Rollenartig zusammengefügte Blutkörperchen aus einer dünnen Serumschicht des Aderlaßblutes eines an Lungenentzündung leidenden Menschen.

Fig. XXV Bestandtheile eines Blutpfropfes in dem Gebärmutterhalse einer 47jährigen Frau, die an Lungenentzündung während ihrer Menstruation gestorben war.

a. Geronnene Faserstoffmasse. b. Aufgequollene tiefer, und c. dergleichen höher gelegene Blutkörperchen. d. Kleinere, e. größere dunkle und f. größere hellere gekörnte Kugeln.

Fig. XXVI. An einzelnen Punkten röthliche bis rothe, sonst aber glashelle, grauweiße Masse, welche die innere Oberfläche der Gebärmutterschleimhaut jener 47jährigen menstruirenden Frau überzog.

a. Farblose, pflasterartig neben einander liegende Kugeln, welche durch eine schleimigte Flüssigkeit verbunden die glasartige Masse bildeten. b. Einzelne Hau-

fen rother zum Theil veränderter Blutkörperchen, von denen die rothen Flecke ausgingen. Man konnte hier keine geronnenen Faserstoffmassen bemerken.

Fig. XXVII. Fettzellen aus dem unter der Haut des Oberschenkels befindlichen Fettgewebe einer Frau.

Fig. XXVIII. Verschiedene Formen der Pigmentmolecüle aus der Aderhaut des Menschen.

Fig. XXIX. Sechseckige Pigmentzellen mit durchscheinenden Kernen aus der Aderhaut des Frosches.

Fig. XXX. Verästelte Pigmentzellen aus der Umhüllung einer Unterleibsschlagader desselben Thieres.

Fig. XXXI. Festgebilde der Mundflüssigkeiten des Menschen.

a. b. Losgestoßene älteste Pflasterepithelialzellen der Mundhöhle, bei beschattetem Lichte betrachtet. c. d. Sogenannte Speichelköperchen unter dem Lampenlichte gesehen.

Fig. XXXII. Epithelialzellen aus den mittleren Oberhautschichten der Unterfläche der großen Zehe eines erwachsenen Mädchens.

a. Zelle mit kernähnlichem Gebilde. b. c. Gesonderte Zellen ohne Kern. d. Zwei zusammenhängende und zum Theil seitlich ausgehöhlte Oberhautzellen.

Fig. XXXIII. Pflasterepithelium der Bindehaut der Hornhaut eines Mannes, bei beschattetem Lichte betrachtet.

a. Polygonale Pflasterepithelialzellen. b. Kern derselben.

Fig. XXXIV. Cylinderepithelialzelle aus dem Gallenblasengange eines Mannes.

a. Die freie trommelfellartige Fläche. b. Die mit körnigen verhornten Wänden versehene Cylinderzelle. c. Der länglichrunde Kern.

Fig. XXXV. Mehrere pallisadenartig und zwar schief gestellte und unten gekrümmte Cylinder aus demselben Gallenblasengange.

Fig. XXXVI. Flimmercylinder aus der Luftröhre eines anderen Mannes.

a. Größere Cylinder mit oberem Kern. b. c. Kleinere Cylinder mit unterem Kern.

Fig. XXXVII. Frische Hornmasse des freien Theiles des Nagels des Mittelfingers eines erwachsenen Mannes.

Fig. XXXVIII. Ein Bruchstück der gleichen Hornmasse, nachdem sie mehrere Male mit einer Kalilösung aufgekocht worden. Man sieht die hellen und durchsichtig gewordenen Hornzellen in ihrer natürlichen Anlagerung und zum Theil mit ihren Kernbildungen.

Fig. XXXIX. Bruchstück eines rothen Barthaares eines Mannes.

a. Die durch die Ränder der Zellen der Oberhautbekleidung des Haares bedingten Linien. b. Die Faserstreifen der Rindenmasse. c. Die fortlaufende pigmentreichere und daher dunklere Markmasse. d. Die nach theilweiser Unterbrechung zum Vorschein kommende hellere Markmasse. e. An der Oberfläche des Haares befindlicher Haufen, bestehend aus losgeschilferten Epithelialzellen, Fettgebilden und fremden Unreinigkeiten.

Taf. III.

Fig. XL. Bündel aus dem zwischen den Muskelfasern des Kappenmuskels eines Mannes befindlichen Zellgewebe.

Fig. XLI. Ein Stückchen desselben Zellgewebes mit Essigsäure behandelt.

a. Gallertige Hauptmasse. b. Umhüllungsfasern.

Fig. XLII. Elastische Fasern aus der äußersten elastischen Schicht der Aorta des Rindes.

Fig. XLIII. Gefensterte Haut aus demselben Gefäße.

a. Haut. b. Oeffnungen.

Fig. XLIV. Schicht von schmaleren Netzfasern aus der gleichen Schlagader

Fig. XLV. Knorpelmasse eines dünnen Querschnittes eines Luftröhrenringes eines erwachsenen Mannes.

a. Körnige Grundmasse. b. Größere Knorpelkörper. c. Kleinere einfachere Knorpelkörper. d. Einschachtelungsgebilde erster und e. solche zweiter Ordnung.

Fig. XLVI. Schwach vergrößerter Querschliff des Oberschenkelbeines des Menschen.

a. Grundmasse. b. Durchschnitte der Markcanälchen. c. In die Augen fallende Knochenkörperchen.

Fig. XLVII. Ein Stückchen desselben Querschliffes stärker vergrößert.

a. Grundmasse. b. Querschnitt eines Markcanales. c. Schief in die Tiefe gehender Markcanal. d. Concentrische um den Markcanal herumgehende Knochenblätter. e. Knochenkörperchen mit den von ihnen ausgehenden Strahlen.

Fig. XLVIII. Längsschliff aus dem Oberschenkelbeine des Pferdes.

a. Der Länge nach verlaufender Markcanal. b. Längliche und c. rundlich erscheinende tiefere Knochenkörperchen mit ihren Strahlen. d. Netzwerk der Letzteren.

Fig. XLIX. Stückchen eines Längenschliffes eines Backzahnes des Pferdes.

a. b. Aechte Zahnsubstanz. b. c. Schmelzsubstanz, daher bei c. die freie Oberfläche des Zahnes. d. Gebogen verlaufende Zahnröhrchen oder Zahnfasern mit einzelnen örtlichen Anschwellungen, die man in den gesunden Menschenzähnen nicht bemerkt. Ueber b. verästeln sich die Enden der Zahnfasern in der Nachbarschaft der Schmelzmasse. Ueber b. c. Fasern der Letzteren. Die dunkelen Streifen sind bei dem Schleifen entstandene Sprünge.

Fig. L. Ein Stückchen Cämentsubstanz desselben Backzahnes des Pferdes.

a. Grundmasse. b. Tiefer und c. im Focus liegende Knochenkörperchen. d. Markcanäle, die dem Cämente der Menschenzähne mangeln.

Taf. IV.

Fig. LI. Uebergang der verknöchernden Knorpelmasse in die Knochensubstanz aus der oberen Epiphyse des Schienbeines einer achtmonatlichen menschlichen Frucht.

a. b. Knorpelmasse. b. c. Anstoßende Knochensubstanz. Man sieht in a. b. die zum Theil reihenweise gestellten Knorpelkörperchen und in b. c. die durch Markräume getrennten Knochenbälkchen der jungen schwammigten Knochenmasse.

Fig. LII. Zwei Meibomische Drüschen des unteren Augenlides desselben Kindes auf schwarzem Grunde.

a. Grundmasse des Augenlides. b. Endbläschen der Drüsen.

Fig. LIII. Magendrüschen aus dem senkrechten Durchschnitte der Magenschleimhaut eines erwachsenen Mannes.

a. Einfache Magendrüschen. b. c. Die beiden Säckchen einer verzweigten Magendrüse. d. Ausgangsöffnungen der Magendrüschen an der Oberfläche der Schleimhaut.

Fig. LIV. a. Quergestreifte Muskelfaser aus dem Kappenmuskel einer älteren Leiche eines Mannes. Ohne sichtbare Hüllenbildung. b. Eine Faser, an der man das Myolemma mit einzelnen Kernen an der einen Seite bemerkt.

Fig. LV. Oberflächlichste Schicht der Linsenmasse des Auges eines erwachsenen Menschen.

a. Kugeln der Morgagni'schen Feuchtigkeit. b. Scheinbar schwanzförmig auslaufende kugelige Masse. c. Tiefere Fasermasse.

Fig. LVI. Linsenfasern derselben Krystalllinse.

Fig. LVII. Linsenfasern derselben Krystalllinse mit feinen Streifen, die auf der Längenachse der Linsenfasern senkrecht stehen.

Fig. LVIII. Bündel von Primitivfasern der Ausstrahlung des Sehnerven. Aus der Taf. I. Fig. XIV. abgebildeten Netzhaut.

Fig. LIX. Einfache bündelweise beisammenliegende Muskelfasern aus der Muskelhaut des Magens eines Mannes.

Fig. LX. Bruchstücke oder sogenannte Faserzellen, in welche sich dieselben Muskelfasern durch das Zerreißen mit feinen Nadeln zersplittern indeß.

a. a. Durchschimmernde Kerngebilde.

Fig. LXI. Ein Stückchen der einfachen Muskelfasermasse mit Essigsäure behandelt.

a. Die durchsichtiger gewordene Fasermasse. b. Die deutlicher hervortretenden Kerne.

Fig. LXII. Senkrechter bis in das Fettgewebereichen der Durchschnitt der Haut des Fußsohlentheiles der Ferse eines erwachsenen Mannes

a. b. Dicke der Oberhaut, deren wellig dahingehende Lagen durch die Querlinien angedeutet werden. b. Gegend des Malpighi'schen Schleimes. c. Einzelne zum Theil losgelöste älteste Epidermidalblättchen. d. Tastwärzchen der Lederhaut. e. Desgleichen mit durchschimmernder Blutgefäßschlinge. f. Das übrige Gewebe der Lederhaut. g. Ueberreste des unter der Haut befindlichen Fettgewebes. h. Schraubiger Gang der Spiraldrüse, der die Oberhaut durchsetzt, um in i auszumünden. k. Geradere Fortsetzung desselben, welche durch die Lederhaut geht. l. Ein zweiter Gang der Art, der schon in lockeren Windungen durch die Oberhaut geht. m. Fortsetzung desselben. n. Theilungsstelle dieses Ganges. o. p. In dem Fettgewebe befindliche Verknäulung der diesen Spiraldrüsen angehörenden Endschläuche. Das Ganze ist durch eine verdünnte Auflösung von kaustischem Ammoniak etwas durchsichtiger gemacht. Die Epithelialbildungen dieser Schläuche sind daher zum Theil aufgelöst. q. r. Eigene kapselartige Umhüllungen dieser Endgebilde.

Fig. LXIII. Der unterste Theil eines kleineren Haares der Haut des Vorderarmes desselben Mannes.

a. b. Grenze der Oberhaut. c. Der hornige Haarschaft. d. Die hornige Haarzwiebel. e. f. Die äußere und die innere Wurzelscheide. g. Der Canal des Haarbalges. h. i. Zwei seitliche Fettdrüschen mit ihren in den Canal des Haarbalges mündenden Ausführungsgängen. k. Ein durch den Schnitt verletztes drittes Fettdrüschen.

Taf. V.

Fig. LXIV. Ein Stückchen des freien Endes der Bauchspeicheldrüse des Frosches sehr schwach vergrößert.

a. Grundhaut der Drüse. b. Die Gruppen der gefüllten Endköpfchen.

Fig. LXV. Ein Stück eines Harncanälchens aus der Niere eines erwachsenen Mannes.

a. Die Epithelialzellen. b. Die Grundmembran, von der die Epithelialzellen durch die Präparation zum Theil entfernt worden.

Fig. LXVI. Ein Malpighi'scher Gefäßkörper mit anhängendem Harncanälchen aus der Niere eines grünen Grasfrosches.

a. Die Windung des Blutgefäßes, in dessen Innerm man noch einzelne Blutkörperchen erkennt. b. c. Die Begrenzungshaut desselben. d. Die übrige Kapsel. e. Das angrenzende Harncanälchen mit seinen Epithelialzellen.

Fig. LXVII. Eigenthümliche Körper der Rindenmasse der Nebenniere eines erwachsenen Mannes in ihrer strahligen Anordnung.

a. Die nach der Oberfläche, b. die nach dem Innern gekehrte Seite. c. Die helle Zwischenmasse.

Fig. LXVIII. Verschiedene Nervenprimitivfasern aus dem Hüftnerven eines unmittelbar vorher getödteten Frosches.

a. Eine Faser, deren Inhalt noch nicht geronnen ist, deren Ränder sich aber in Folge der Präparation eingebuchtet haben. b. Eine breite frische Faser, die ihre ursprüngliche Cylinderform noch größtentheils beibehalten hat. c Eine schmale Faser mit gezackten Rändern und deutlichem öligten Inhalte. d. Eine varicöse Faser von mittlerer Breite.

Fig. LXIX. Eine Reihe von Primitivfasern aus dem Hüftnerven einer etwas älteren Leiche des Menschen.

a. Eine Faser im Anfange der Gerinnung des Nerveninhaltes. Man sieht am Rande die beginnenden Einbuchtungen desselben. b. Eine zum Theil verdeckte Faser mit vollständiger geronnenem Nerveninhalte. c. d. Theilweise Gerinnung desselben. e. Schmale in der Tiefe liegende Faser, deren Inhalt an einzelnen Punkten getrübt ist. f. Faser in welcher die Gerinnung an einer durch die Präparation gedrückten und eingeschnürten Stelle beginnt. g. Eine dünne Faser, die oben bei h. Ausbuchtungen darbietet, während der veränderte Inhalt unten bei i. hervorgetreten ist.

Fig LXX. Breite Nervenfaser, die in Theilung begriffen ist. Aus einem Bauchstamme des Aales.

a. Die Stammfaser, b. und c. die Spaltungsäste.

Fig. LXXI. Ganglienkugel mit Scheidenfortsätzen aus dem obersten Brustknoten des sympathischen Grenzstranges des Menschen.

a. Grundmasse der Ganglienkugel. b. Heller Kern derselben. c. Kernkörperchen. d. Mit Kernen versehene Hülle derselben. e. Scheidenfortsätze. f. Aufliegende Kerne. g. Eine mittelbreite vorübergehende ächte Nervenfaser.

Fig. LXXII. Ganglienkugel mit Nervenfaserfortsätzen aus dem Gasser'schen Knoten einer frisch getödteten Schleihe (Gadus Lota).

a. Ganglienkugel mit Kern und Kernkörperchen. b. Obere und c. untere Nervenfaser. d. Heller Hüllensaum, der um die Ganglienkugel herumgeht.

Fig. LXXIII. Ein ähnliches Präparat aus demselben Knoten, nachdem das getödtete Thier mehrere Tage gelegen und schon bedeutend in Fäulniß übergegangen.

a. Die blasser und röthlicher gewordene Ganglienkugel. b c. Die beiden Nervenfaserfortsätze mit geronnenem Nerveninhalte von blasserem grauröthlicheren Aussehen. d. Der obere engere Verbindungstheil, in dem man keinen Nerveninhalt mehr erkennt.

Fig. LXXIV. Ganglienkugeln aus dem Gasser'schen Knoten eines neugeborenen Knaben.

a. Eckige Ganglienkugel. b. Einfacher Fortsatz derselben. c. Ein Fortsatz, der sich in zwei untergeordnete Aeste d. und e. spaltet. f. und g. freie fortsatzlose Ganglienkugeln.

Fig. LXXV. Ausgeflossene Tropfen des verhältnißmäßig flüssigen Nerveninhaltes der centralen Primitivfasern des in Fäulniß übergegangenen verlängerten Markes des Ochsen.

Fig. LXXVI. Sehr große und blasse Ganglienkugel der grauen Masse der Vorderstränge des unteren Halsmarkes eines frisch getödteten Ochsen.

a. Die blasse Grundmasse. b. Die in ihr kenntlichen Körnerhaufen. c. Der Kern. d. Das Kernkörperchen. e. Ein einfacher blasser Fortsatz. f. Ein stärkerer Fortsatz, von dem sich nicht entscheiden läßt, ob die Primitivfaser g. von ihm wahrhaft ausgeht oder nur äußerlich anliegt.

Fig. LXXVII. Gehirnmasse eines neugeborenen Knaben und zwar aus dem oberen Theile des Mittellappens des großen Gehirns, ungefähr ein Centimeter unter der Oberfläche.

a. Körnige Grundmasse. b. Helle Zellen. c. Körnige Kerne. d. Durchschimmernde, scheinbar freie Kerne.

Fig. LXXVIII. Elemente des menschlichen Samens.

a. Samenthierchen, die sich gerade in dem Brennpunkte des Mikroskopes befinden. b. Solche, die außerhalb desselben liegen. c. Kleinere Samenkugel. d. Mutterzelle der Samenthierchen.

Fig. LXXIX. Milch einer Frau, die Tags vorher niedergekommen.

a. Größere, b. mittelgroße und c. kleinste Milchkörperchen. d. Colostrumkörperchen. e. Beigemengte Epithelialblättchen.

Fig. LXXX. Milch einer Frau, 10 Wochen nach der Niederkunft.

a. Die Milchkörperchen. b. Sehr seltene und kleinere Colostrumkörperchen.

Literaturnachweise.

1. P. Harting, Recherches micrométriques sur le développement des tissus et des organes du corps humain. Utrecht. 1845. 4. p. 47. 50. 51. 52. 73.
2. Wertheim in den Annales de Chimie et de Physique. Troisième Série. Tome XXI. 1847. p. 393. und Lehrbuch der Physiologie. Zweite Auflage. Bd. I. S. 792.
3. A. Quetelet, Des proportions du corps humain. Bulletin de l'Académie de Bruxelles. Tome XV. Nro. 7. p. 13.
4. Lehrbuch Bd. I. S. 793.
5. C. Brunner, Untersuchungen über die Cohäsion der Flüssigkeiten. Neufschatel. 1847. 4. S. 32.
6. Jolly in Henle und Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. Bd. VII. 1848. S. 83—148.
7. Vierordt in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abtheilung I. Braunschweig. 1849. S. 634.
8. Lehrbuch Bd. I. S. 65. 66.
9. Vierordt in Griesinger's Sechswochenschrift. Bd. VI. 1847. S. 672.
10. C. G. Lehmann, Lehrbuch der physiologischen Chemie. Zweite Auflage. Bd. I. Leipzig. 1849. 8. S. 417.
11. Frerichs in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abtheilung I. Braunschweig. 1849. 8. S. 759.
12. Bernard in den Archives d'Anatomie. Paris. 1846. 8. p. 6.
13. A. T. Middeldorpf, De glandulis Brunnianis. Vratislawiae. 1846. 4. p. 26.
14. Vierordt in Griesinger's Sechswochenschrift. 1848. S. 284.
15. F. G. Noll, De cursu lymphae in vasis lymphaticis. Marburgi. 1849. 8. p. 14. Vergl. auch Henle und Pfeuffer's Zeitschrift. Bd. IX. Heidelberg. 1849. 8. S. 52 fgg.
16. W. Cruikshank, Geschichte und Beschreibung der einsaugenden Gefäße. Mit Anmerkungen von C. F. Ludwig. Leipzig. 1789. 4. S. 26.
17. C. Ludwig in Henle und Pfeuffer's Zeitschrift. Bd. VII. S. 208.
18. Guil. Kleefeld, De arteriarum coronariarum cordis pulsu. Berolini. 1849. 8. p. 13.
19. C. Ludwig in Müller's Archiv. 1847. S. 257.
20. Hering in Vierordt's Archiv für physiologische Heilkunde. Bd. IX. Stuttgart. 1850. 8. S. 13—22.
21. Hering in seinem Repertorium für Thierheilkunde. Bd. VIII. S. 1—19.
22. Lehrbuch Bd. I. S. 833.
23. Guy in R. Todd Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. III. p. 181—194.

24. H. Abegg, De capacitate arteriarum et venarum pulmonalium. Vratislawiae. 1848. p. 23.
25. F. A. Hüttenhein, Observationes de sanguinis circulatione homodromometri ope institutiae. Halis. 1846. 4. p. 18 fgg.
26. J. Hutchinson, Von der Capacität der Lungen und von den Athmungs-Functionen mit Hinblick auf die Begründung einer genauen und leichten Methode, Krankheiten der Lungen durch das Spirometer zu entdecken. Uebersetzt und mit Anmerkungen versehen von Dr. Samosch. Braunschweig. 1849. 8. S. 53 und S. 62.
27. G. Simon, Ueber die Menge der ausgeathmeten Luft bei verschiedenen Menschen und ihre Messung durch das Spirometer. Mit einem Vorwort von J. Vogel. Gießen. 1848. 8. S. 14.
28. Lehrbuch Bd. I. S. 852.
29. Barral in den Annales de Chimie et Physique. Troisième Série. Tome XXV. Paris. 1849. 8. p. 163.
30. Frerichs in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. I. S. 463—468.
31. N. Jacubowitsch, De saliva. Dorpati. 1848. 8. p. 10.
32. J. Gerlach, Handbuch der allgemeinen und speciellen Gewebelehre des menschlichen Körpers. Für Aerzte und Studirende. Mainz. 1849. 8. S. 282 fgg.
33. F. Stackmann, Quaestiones de bilis copia accuratius definienda. Dorpati. 1849. 8. p. 12—45.
34. C. E. Loebell, De conditionibus, quibus secretiones in glandulis perficiuntur. Marburgi. 1849. 8. p. 25—31.
35. J. van Deen, Donders und Moleschott, Holländische Beiträge zu den anatomischen und physiologischen Wissenschaften. Bd. I. Düsseldorf und Utrecht. 1848. 8. S. 369.
36. H. Meyer in Müller's Archiv. 1849. S. 292—357.
37. Boussingault in den Annales de Chimie. 3me Série. Tome XXIV. Paris. 1848. 8. p. 463.
38. Frerichs in Müller's Archiv. 1848. S. 478.
39. E. Du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. II. Abth. I. Berlin. 1849. 8. S. 50.
40. Lehrb. Bd. II. Abth. I. S. 242. Fig. 125.
41. Segond in den Archives générales. Juillet 1849. p. 195 fgg. und 311 fgg.
42. Lehrb. Bd. II. Abth. I. S. 394 fgg.
43. Lehrb. Bd. II. Abth. I. S. 414 fgg.
44. E. H. Weber in R. Wagner's Handwörterbuch Bd. III. Abth. II. S. 547.
45. Eckhard in Henle und Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. Bd. VIII. Heidelberg. 1848. 8. S. 309.
46. H. Stannius, Das peripherische Nervensystem der Fische, anatomisch und physiologisch untersucht. Rostock. 1849. 4. Taf. IV. Fig. 11.
47. Eine ausführlichere Uebersicht der Organentwickelung, s. Lehrb. Bd. II. Abtheilung III. S. 90 fgg.
48. Vergl. Lehrb. Bd. II. Abth. III. S. 121 fgg.
49. J. G. F. Will, Ueber Milchabsonderung. Erlangen. 1850. 4. S. 9 fgg.
50. Vergl. Lehrb. Bd. II. Abth. III. S. 156 fgg.
51. Vergl. Lehrb. Bd. II. Abth. III. 164 fgg.

Register.

Die Ziffern beziehen sich auf die Seitenzahlen des Werkes.

Verbesserungen.

Seite	5,	Zeile	12	v. u. statt macht lies machen.
»	7,	»	5	v. u. st. sondern auch l. sondern.
»	15,	»	4	v. o. st. Thätigkeit l. Thätigkeiten.
»	33,	»	13	v. u. st. Moriotti'schen l. Mariotti'schen.
»	34,	»	8	v. u. st. aus l. an.
»	61,	»	6	v. o. st. bc l. bd.
»	62,	»	2	v. o. st. wenn der l. wenn das.
»	64,	»	12	v. u. st. und k l. und g.
»	67,	»	15	v. o. st. anziehenden l. anziehendsten.
»	69,	»	14	v. o. st. und es l. und.
»	69,	»	19	v. o. st. z. B. t l. z. B. bis t.
»	72,	»	17	v. u. st. Lungen l. Lungen-.
»	76,	»	17	v. u. statt dieser l. diese.
»	124,	»	21	v. u. st. jener l. jenen.
»	132,	»	14	v. u. st. Trompete l. Trompeten.
»	149,	»	20	v. o. st. fette l. Fette.
»	151,	»	23	v. o. st. liegenden l. erregten.
»	158,	»	14	v. o. st. beitragen wird l. beitragen.
»	161,	»	8	v. o. st. Blinddarmschleimhaut l. Blinddarmschleimhaut und Galle.
»	172,	»	10	v. u. st. sogleich l. zugleich.
»	184,	»	5	v. o. st. Fig. 100 l. Fig. 101.
»	187,	»	20	v. u. st. Arterien l. Atrien.
»	197,	»	8	v. u. st. fast l. sonst.
»	198,	»	7	v. o. st. geführt l. gefühlt.
»	206,	»	17	v. u. st. Vorkammer l. Kammer.
»	209,	»	19	v. o. st. klopfbar l. klopfen.
»	215,	»	7	v. o. st. diesen l. diesem.
»	251,	»	20	v. u. st. Es l. Er.
»	258,	»	20	v. u. st. bedeutenden l. so bedeutenden.
»	279,	»	1	v. u. st. Stelle l. Rolle.
»	328,	»	4	v. u. st. verbreitet l. verbreitert.
»	415,	»	19	v. u. st. $\frac{bc}{ab}$ l. $\frac{bc}{ac}$.
»	425,	»	6	v. u. st. $ab : ob$ l. $ob : ab$.
»	456,	»	20	v. u. st. ef und cc l. ee und cd.
»	466,	»	15	v. u. st. cf l. ab.
»	475,	»	11	v. o. st. a l. A.
»	535,	»	8 und 9	v. o. st. seinem l. ihrem.
»	536,	»	7	v. o. st. könnte l. konnte.
»	546,	»	7	v. o. st. der linken l. des linken.
»	585,	»	16	v. o. st. $p = c =$ 1 bis 5.0.0 l. $p = c =$ 1 bis 5.1 bis 5.0.0.
»	593,	»	21	v. o. st. c l. e.
»	605,	»	12	v. o. st. §. 1929 l. §. 1931.
»	—	»	23	v. o. st. §. 1930 l. §. 1932.
»	—	»	8	v. u. st. §. 1931 l. §. 1933.
»	608,	»	1	v. o. st. §. 1938 l. §. 1940.
»	612,	»	4	v. u. st. §. 1938 l. §. 1940.

Inhalt.

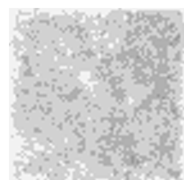


Fig. I.

1/37.

1/54.

Fig. II.

1/164.

Fig. III.

1/164.

Fig. IV.

Fig. XVI.

Fig. V.

1/255.

Fig. VI.

1/255.

Fig. VII.

1/255.

Fig. VIII.

1/164.

Fig. IX.

1/255.

Fig. X.

1/255.

Fig. XI.

1/255.

Fig. XII.

Fig. XIII.

c

a

b

d

Fig. XVII.

1/255.

Fig. XIV.

Fig. XV.

1/255.

Lith. Anst. v. G. Bach Leipzig


Fig. XVIII.

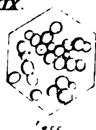

Fig. XIX.


Fig. XX.


Fig. XXI.


Fig. XXII.

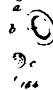

Fig. XXIII.


Fig. XXIV.

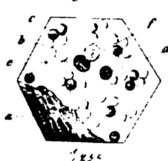

Fig. XXV.


Fig. XXVII.


Fig. XXVI.

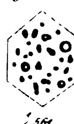
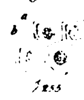

Fig. XXVIII.

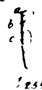

Fig. XXIX.


Fig. XXX.


Fig. XXXI.


Fig. XXXII.


Fig. XXXIII.


Fig. XXXIV.

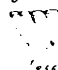
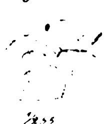
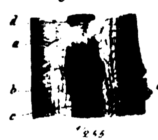

Fig. XXXV.


Fig. XXXVI.


Fig. XXXVII.


Fig. XXXVIII.


Fig. XXXIX.

H Bruch sc.

Fig. XL.



Fig. XLI.

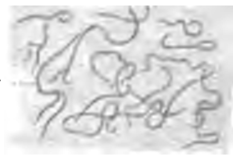


Fig. XLIII.



Fig. XLII.



Fig. XLIV.



Fig. XLV.



Fig. XLVI.



Fig. L.

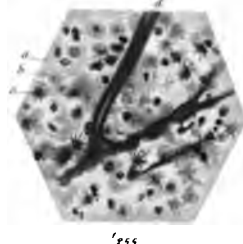


Fig. XLIX.

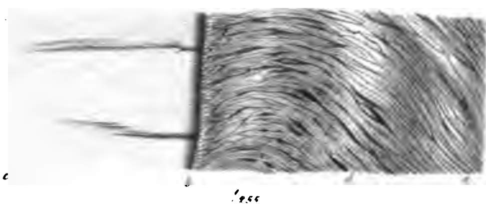


Fig. XLVII.

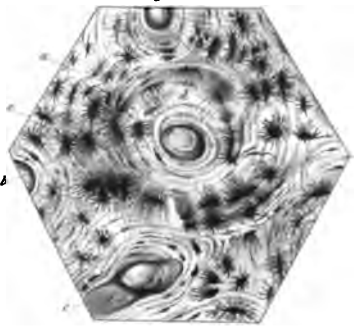
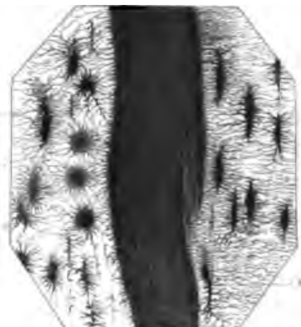


Fig. XLVIII.



H. Bruch sc.

Fig. LVIII.



Fig. LIII.



Fig. LI.



Fig. LX.



Fig. LVII.

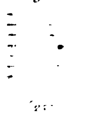


Fig. LVI.



Fig. LV.

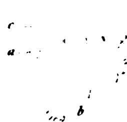


Fig. LIX.

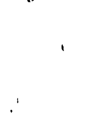


Fig. LXII.

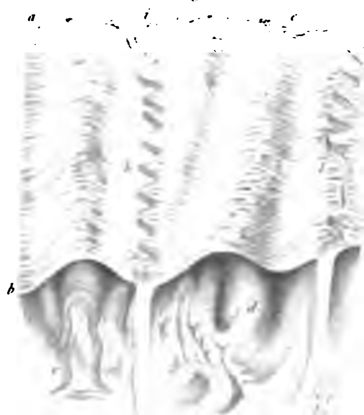


Fig. LIII.

Fig. LIV.

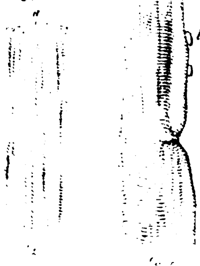


Fig. LXI.

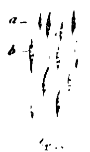


Fig. LXIII.

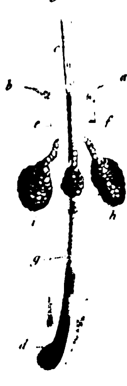


Fig. LII.



H. Bruch ..

Fig. LXIV.



Fig. LXV.



Fig. LXVI.



Fig. LXVII.

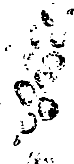


Fig. LXVIII.

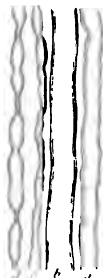


Fig. LXIX.



Fig. LXX.

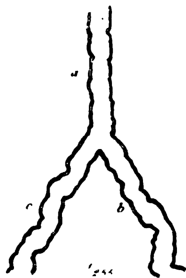


Fig. LXXI.

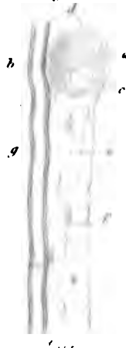


Fig. LXXII.



Fig. LXXIII.



Fig. LXXIV.

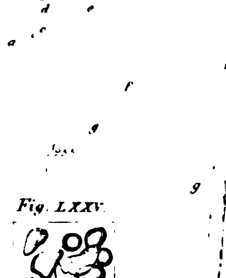


Fig. LXXV.



Fig. LXXVI.

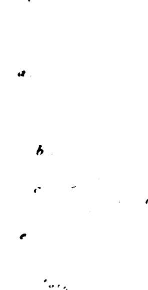


Fig. LXXVII.

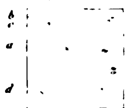


Fig. LXXVIII.

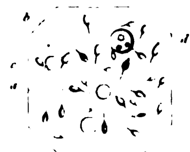


Fig. LXXIX.

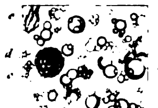


Fig. LXXX.



H. Bruch sc.

